



TITLE:

流通を目的とした稲ホールクロップサイレージの生産技術と品質評価に関する研究(Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

浦川, 修司

CITATION:

浦川, 修司. 流通を目的とした稲ホールクロップサイレージの生産技術と品質評価に関する研究. 京都大学, 1995, 博士(農学)

ISSUE DATE:

1995-09-25

URL:

<https://doi.org/10.11501/3106547>

RIGHT:

2)

流通を目的とした稲ホールクロップサイレージの

生産技術と品質評価に関する研究

1 9 9 5

浦 川 修 司

目 次

序 文	1
第 1 章 湛水土壤中散播栽培法によるホールクロップ用稲の栽培	5
第 2 章 ホールクロップ用稲の収穫・調製機械の開発	17
第 1 節 汎用型稲ホールクロップ用収穫機の開発	17
第 2 節 稲ホールクロップ用カッティングロールベアラの開発	32
第 3 節 テーブルリフト付き自走式ベールラップおよびティラ 用ロールベールハンドリング機器の開発	45
第 3 章 稲ホールクロップサイレージの流通化のための総合品質 評価法	64
総 括	86
謝 辞	90
引用文献	91

序 文

水田は土壌有機物の分解を抑制し、地力の保全に役立つとともに、雑草の抑制機能を持ち、さらに湛水することにより連作障害を回避するなど高い潜在的能力を持っている。また水貯留能力等の国土保全機能を有しており、将来的にみても我国の農業生産の基幹であることは間違いない。しかし、米の消費が減少する反面、稲作生産技術の向上、圃場基盤整備の進展により、米の需給不均衡が生じ、昭和53年に水田利用再編対策が実施された。水田利用再編対策の大きな目的は、米の需給不均衡の解消とともに、転作田で麦類、大豆、飼料作物等を栽培して、これらの国内自給率を高めることであり、関係機関の計画的な転作の進展により、目標を上回る転作が達成されてきた。この間に転作が農家経営の中で経常的に組み込まれたり、集落内での団地化やブロックローテーションの導入により、集落全体を通じた地域農業の中で転作営農を実現している事例などがみられるものの、特に中山間地帯の排水不良田においては、その定着化は不安定な状態にある。

水田における飼料作物栽培に関する研究も、水田利用再編対策の実施と前後して数多く行われてきた^{7, 16, 26, 46, 64, 70, 74, 86, 89, 93, 96, 107}。これらの研究の中心は転作作物としての飼料作物の耐湿性に関するものや転作田での安定生産技術に関するものである。また水稲の飼料利用に関する研究も青刈利用^{23, 55, 76, 97}として始まり、さらに飼料用稲（飼料利用を目的とした稲を飼料用稲と記す）の刈取り期制限が黄熟期まで拡大されたことにより、ホールクロップサイレージとして水稲を利用するために、登熟ステージ別の飼料価値やサイレージ発酵品質^{3, 12, 14}に関する研究、また収量性の高い長稈の外国稲（日本稲の実用品種に対して外国で利用されている水稲を外国稲と記す）^{76, 82, 83, 108}の栽培や貯蔵性、嗜好性^{47, 71}に関する研究も実施されてきた。しかし、水稲を飼料利用する場合の問題点は、栽培面では食用稲（従来の食用を目的とした稲を飼料用稲に対して食用稲と記す）と同様な稚苗移植栽培法では育苗・移植作業に多大の労力を要し、さらに収穫面においても、従来の牧草用大型機械では走行性等に問題があり、安定した生産量が確保できない点が制約要因となっている。

栽培面での省力技術としては、食用稲の低コスト栽培技術として直播栽培で省力化を図った報告は多数あり、飯田²⁸⁾ や真中³⁶⁾ は、当然ホールクロップ利用する水稲でも直播栽培をすることにより省力化が図られるとしている。また、転作田を対象とした小型作業機に関する研究^{5, 46, 54, 93)} も実施され、特に稲ホールクロップ用収穫機の開発²²⁾ や高野ら^{91, 92)} による稲・大麦ホールクロップサイレージの収穫調製のための国産自走式ハーベスタの利用について一部検討されているものの、排水不良田での稲ホールクロップサイレージの収穫機械の開発に関する報告は少ない。

また近年、畜産経営においては、国際化の進展、円高定着等の状況の中で、経営の安定を多頭化に求め、その労働力不足からも自己完結型の粗飼料生産が困難となりつつあり、これにともない飼料自給率も減少傾向にある。このように我国の畜産経営が輸入飼料に依存する限り、海外の飼料価格の動向により経営自体が大きく左右されることは必然である。従って、畜産経営の安定化のため、飼料の地域内自給率の向上を目的として、粗飼料の流通促進化技術に関する研究も行われてきた^{4, 5, 8, 72, 110)}。

次に耕種農家においては、高齢化、経営規模の零細性、高地価等の制約の中で、転作割当面積の増加、米の輸入自由化問題等にもともない、特に中山間地帯では水田の遊休地、耕作放棄田が増加傾向にある。このような現状の中、転作田を有効に利用した粗飼料生産は、耕種農家にとっては水田の高度利用、農地の保全の面から、畜産農家にとっては飼料生産基盤の拡大、飼料自給率（地域内自給率）の向上、糞尿の土地還元の面から重要な課題である。このことから、耕種農家が最も容易に栽培できる水稲を転作田で栽培し、飼料利用を目的に畜産農家に流通することも検討され、一部の地域で実際に流通事例もみられる^{72, 110)}。この場合、取引の基本は生草または乾物で行われており、品質を流通価格に反映させている報告は少ない。また小林⁴⁰⁾ は国内産の流通乾草に加えて、多種多様の輸入乾草の使用増加にもともない、栄養価による評価基準を考案した。

そこで本研究は、我国の農業が水田を中心として成立しているものであり、この水田の総合生産力を向上させ、さらに水田地帯での畜産経営の安定化を図るため、地域の農地を集積し、組織化されたオペレータによる計画的なホールクロップ用稲の生産と流通を前提として、収穫調製機械の開発と、その流通のための品質評価法を中心に

検討したものである。

まず、第1章ではホールクロップ用稲の省力的栽培技術として、中村^{6,9)}が開発した過酸化石灰粉衣種粳を湛水土壤中に埋没播種する直播栽培法を参考にし、背負式動力散粒機を用いて種粳を湛水田に散播する湛水土壤中散播栽培法^{2,9)}により、栽培面での省力化を可能とした。次いで第2章では、収穫調製面での省力化と流通を目的に水田用の汎用型稲ホールクロップサイレージ用収穫機を開発し、さらに、この収穫機と組み合わせるコンテナサイロを試作し、バラサイレージとして流通する体系を確立した。次にロールベールサイレージの調製技術が国内で普及し始め、これとともに、本研究でも稲ホールクロップサイレージの流通形態をロールベールサイレージとした場合の収穫機として、稲ホールクロップ用カッティングロールベアラを開発した。さらに、このロールベアラで梱包したロールを圃場内で効率的に密封処理を行うためのテーブルリフト付き自走式ベールラッパを開発した。また密封したロールのハンドリング機器としてティラ用簡易ベール運搬機を開発し、ロールベールサイレージとして流通する体系を確立した。このように各種の収穫調製機械の開発により、排水不良田でも効率的に稲ホールクロップサイレージの収穫調製が可能となり、生産・流通にもなう作業技術体系が確立された。第3章では、生産された稲ホールクロップサイレージの迅速な品質評価のために、近赤外分光分析計（Near Infrared Reflectance Spectroscopy：N I R S）の利用を検討した。まず栄養成分の推定については、一般的にサイレージのような高水分飼料においては乾燥・粉碎してからN I R Sで分析する方法が一般的であるが、本研究では前処理時間の短縮と発酵した物質の正確な成分推定を目的に、未乾燥サイレージを直接N I R Sで測定する方法について検討し、各成分について推定精度の高い検量線が得られた。次に発酵品質評価のための各有機酸等の推定には、サイレージ抽出液を用いて検量線を作成し、栄養成分ほど推定精度は高くないものの、実用的な検量線が得られた。最後に品質を流通価格に反映させるための総合品質評価法について、主にN I R Sで測定する成分を対象項目として、階層分析法（Analytic Hierarchy Process：A H P）による発酵品質と栄養価を合わせた総合品質評価法を検討し、価格設定のための総合評価基準を策定した。

前述のとおり、我国の農業生産の基幹となる水田を有効に利用し、畜産を中心とし

た水田地帯における地域営農システムを確立することは、日本型畜産の構築につながるものと考える。これらのことから、本研究において耕種農家における稲ホールクロップサイレージの省力生産技術と流通のための品質評価法を確立したことは、畜産農家にとっても、また耕種農家にとっても、さらに農地の保全の面からも重要な意義を有するものと考える。

第1章 湛水土壤中散播栽培法によるホールクロップ用稲の栽培

緒 言

ホールクロップサイレージ (whole-crop-silage) とは、飼料作物の子実部と茎葉部を含めた全体を収穫し、サイレージとして調製したものである。このように子実部分の量と栄養価に重点をおいたサイレージを茎葉部重視のサイレージと区別するためにホールクロップサイレージと呼んでいる⁽¹⁾。一般的にホールクロップサイレージの材料草としては、トウモロコシやソルガム、あるいは麦類が主体であり、これらの多収技術に関する研究は多数報告されている^(54, 70, 74, 96)。また水田利用再編対策の実施とともに、転作田での飼料作物栽培に関する研究^(6, 25, 26, 84, 107)が実施されてきた。転作田で栽培された飼料作物は周囲圃場の水稲栽培期間中に湛水田や水路の影響を受けやすく、湿害による発芽不良や生育障害により、安定した生産量が確保できないことが知られている^(6, 25)。このため転作田での栽培技術に関する研究^(7, 25, 27)や転作田に適する飼料作物を選定するための研究^(6, 25)が実施されてきた。

一方、米の飼料化に関する研究は1970年代に余剰米を飼料として利用した研究に始まり、穀実を飼料利用した多くの報告^(2, 45, 87)がなされている。さらに水田利用再編対策により、排水不良田において作付け当初から飼料用として水稲を栽培し青刈利用する研究^(23, 55, 76, 97)も行われるようになった。また水田利用再編対策の第3期対策として、青刈稲が特定作物から除外され、刈取り期制限がホールクロップサイレージ用として黄熟期まで拡大されたことにより、子実収量や登熟ステージ別のサイレージ発酵品質、飼料価値に関する研究^(3, 12, 14, 24, 71)が行われるようになった。

水稲を飼料利用する場合でも、栽培面では食用稲の栽培技術がベースになる。しかし、従来の稚苗移植栽培法では多大の労力を要する点が制約要因とも言われている⁽²¹⁾。また近年、国際化の進展や円高の定着化等から低コスト生産は不可欠であり、食用稲の低コスト栽培技術として、乾田直播、湛水直播栽培に関する報告^(19, 29, 32, 56, 63, 89, 78, 106)が多数あり、さらに近年では、不耕起直播栽培に関する研究も進められている。

そこで本章では、ホールクロップ用稲の低コスト栽培を目的に、食用稲の栽培技術

として研究されている一連の技術のうち、湛水土壤中直播栽培技術の導入と、ホールクロップサイレージとして収穫するための技術体系を検討した^{9,8)}。

材料および方法

1. 耕種概要

30 a 区画 (30 m × 100 m) の水田において、中生種のヤマヒカリを用い、1988年 5 月 7 日に播種量 4 kg/10 a を播種した。施肥量はホールクロップ利用を目的に黄熟期に収穫するため、従来の子実収穫用水稲栽培と異なることはないと考え、三重県水稻栽培耕種基準に準じて元肥として窒素、リン酸、加里を成分で各 4 kg/10 a、追肥として幼穂が 3 ~ 5 mm 期に窒素、加里を各 2 kg/10 a を施用した。雑草防除については、播種直後にピラゾレート粒剤を 3 kg/10 a を散布した。病虫害防除は、コストの節減とホールクロップ用という観点から、5 月 24 日にイネミズゾウムシの防除として B P M C・M P P 粉剤を 3 kg/10 a 散布の 1 回のみとした。

2. 播種法と試験区の構成

ペレット状種粃の作成は次の要領で実施した。まず鳩胸程度に浸種した催芽粃を、十分に水切りをした後、回転式コーティングマシンに入れ^{6,9)}、回転させながら種粃と同量の過酸化石灰含有粉末（以下過酸化石灰とする）を徐々に投入し、同時にコーティングマシンにセットされているノズルから水を噴霧しながら過酸化石灰粉衣の種粃を作成した。さらに本試験においては、種粃に加重（種粃を土壌中の一定の深さに埋め込むための重り）を付けることを目的に、種粃の 3 倍量の風乾細土（壤土）、還元鉄および焼石膏を同様の方法により、それぞれ過酸化石灰粉衣の上に 2 重に被覆したペレット状種粃を 3 種類作成した。

試験区の構成としては、作成した風乾細土被覆、還元鉄被覆、焼石膏被覆種粃と過酸化石灰のみ粉衣（以下無加重とする）の種粃について、30 a 水田を 1 区面積 7.5 a (25 m × 30 m) の 4 区に分割し各種粃を播種した。

播種法については井村ら^{2,9)}の方法を参考に、各種粃を散粒筒を装着した背負式動力散粒機を用いて、代掻き後の湛水田に周囲の畦畔から散播した。

3. 収穫・調製

収穫ステージは黄熟期とし、1988年9月11日に各区の坪刈り調査を行うとともに、30a区画圃場の全体を大型トラクタ（52kW）に装着したディスクモア（刈幅：180cm）で刈り取った。その後、子実の脱粒、サイレージ調製時の土砂の混入を防ぐために反転、集草作業は行わず、直ちに自走式ロールベアラ（ ϕ 120cm）で直接梱包した。梱包したロールはトラックで運搬後、人力でロールを解体しながらカッタで1～2cmに細断して、簡易鉄板枠ビニールバッグサイロ^{5,9)}（1基：4.7 m³）に埋蔵した。

4. 稲ホールクロップサイレージの化学分析

埋蔵したホールクロップ稲は10月11日に開封し分析用試料を採取した。採取したサイレージ中の有機酸はフリーク法^{6,8)}で定量し、残りの試料は通風乾燥器を用いて70℃48時間乾燥後、粉碎し常法^{6,8)}により一般成分を分析した。また、TDN、DCPについては一般成分に日本標準飼料成分表（1987年版）の稲サイレージ（黄熟期）の消化率を乗じて推定した。

結果および考察

1. ホールクロップ用稲の栽培と生育・収量

ホールクロップ利用を目的とした水稻の品種選定についての報告では、長稈で生草収量の多い外国稲^{5,3,7,1,7,6,8,2,8,3,1,0,8,1,1,2)}を含めて検討されているが、収量性の他に収穫時に粃の脱粒が少なく（飼料価値が高い）、耐倒伏性、病虫害抵抗性の強い品種を選定することが必要であり^{7,6)}、本試験では種粃の入荷が容易な日本稲の中生種ヤマヒカリを用いた。また、飯田^{2,8)}は水稻を飼料用として利用する場合、直播栽培を計画的に実施し、大幅な省力化を図る必要があると指摘している。直播栽培には乾田直播と湛水直播があるが、乾田直播の場合、耕起後の降雨により播種の作業可能幅に制限があり、現在のところ最も安定している直播栽培法は湛水直播栽培であると考えられる。この湛水土壤中直播栽培では種粃に過酸化石灰を粉衣し、専用の播種機により条播する方法^{6,9)}が一般的に行われているが、本試験では育苗、移植の省力化とともに高価な専用播種機を必要としない背負式動力散粒機による散播栽培について検討した。

本田の準備作業は従来の稚苗移植栽培と同様な過程とし、荒耕起、元肥施用、代掻

き作業を行い、表 1 に示したような圃場条件で播種を行った。本播種法は井村ら²⁷⁾により考案された播種法であり、農家が現有している防除作業用の背負式動力散粒機により周囲の畦畔から湛水田に散播する方法である。この場合、種粃を土壌中の一定の深さに埋め込む必要があり、今回は加重を目的に風乾細土、還元鉄、焼石膏を過酸化石灰粉衣の上に 2 重に被覆した種粃を作成し、過酸化石灰粉衣のみの種粃と比較した。なお、加重剤の量については乾粃重の 2 倍量で土壌中の埋め込み効果がみられ、4～5 倍の重量が望ましいと言う報告²⁹⁾があるが、本試験では省力化を目標としていることから 3 倍量とした。

表 2 に各区におけるホールクロップ用稲の生育・収量結果を示した。まず各区における苗立数、苗立率については還元鉄区>風乾細土区>無加重剤区>焼石膏区となった。食用稲の報告^{29, 30)}であるが、 m^2 当たりの苗立数の目標は 100 本程度とされており、焼石膏区を除いてほぼ目標の苗立数が確保できた。また、湛水土壌中直播における苗立率は 60～80% 程度と言われており、苗立率についても焼石膏区を除いて他の報告と同程度であった。焼石膏を加重剤として用いた報告⁶³⁾では苗立率 67% という報告があり、本試験での焼石膏被覆種粃の苗立率が無被覆種粃を含めて他の被覆剤と比較して低い値となった原因については解明できなかった。しかし、還元鉄を被覆した種粃が良好な結果が得られたのは、他の加重剤よりも比重が大きく、少量で目標の被覆が可能であり、土壌中の一定の深さに埋め込めたことが、苗立率の向上等につながったものと推察される。

次に乾物収量については焼石膏区が 114.9 kg/a と最も多く、他の区においては 100 kg/a 程度であり、焼石膏区が苗立数が少ないにもかかわらず、乾物収量が比較的多かった原因は苗立密度が粗いことにより稈長の伸びが良く、1 株当たりの茎数も多くなったためと考えられる。しかし、過酸化石灰のみの種粃を播種した場合でも加重剤を被覆した種粃と比較して収量性に差は認められなかった。

ホールクロップ用稲の収量性に関する報告は、外国稲を含めて多数行われており^{9, 14, 15, 50, 59, 75, 76, 88, 91, 109, 111)}、生草収量では長稈の外国稲が日本稲より優るが、日本稲は外国稲より乾物率が高く、サイレージ品質、飼料価値については日本稲が外国稲より優れているという報告^{13, 15)}があり、特に西南暖地のような台風常襲地帯で

表 1. 播種時の圃場条件

供試面積 a	圃場区画 m × m	土 性	湛水深 cm
30	30 × 100	壤 土	2.4 (19.8)

注) () 内の数字は変動係数を示す。

表 2. ホールクロップ用稲の生育・収量調査結果

処 理 区	苗立数 本/㎡	苗立率 %	稈長 cm	穂長 cm	生草収量 kg/a	乾物率 %	乾物収量 kg/a	穂部割合 DM%
無処理区	90.2	72.0	71.5	17.3	255.1	40.4	103.1	43.2
風乾細土区	94.4	75.5	72.5	17.7	253.0	41.4	104.8	43.2
還元鉄区	102.2	81.8	70.3	17.2	224.2	44.9	100.6	44.5
焼石膏区	61.1	48.9	77.0	17.8	292.4	39.3	114.9	42.5
平 均	—	—	—	—	256.2	41.3	105.9	—

は長稈の倒伏に弱い品種の栽培は避けた方がよいと考えられる。日本稲の乾物収量をまとめた飯田の報告²⁸⁾によると、ホールクロップステージ（糊熟～黄熟期）での乾物収量は 100～130kg/a が多く、本試験での乾物収量もほぼ同程度であった。また三重県での稚苗移植栽培でのホールクロップ用稲の乾物収量に関する報告²⁹⁾では110kg/a 程度の場合が多く、本栽培法による乾物収量は稚苗移植栽培と比較して若干劣るもののほぼ同程度であった。

2. 栽培にかかる作業時間

表3に栽培管理にかかる作業別労働時間を示した。この作業時間は30a区画圃場の実測値を10aあたりに換算したものであり、栽培に関する延作業時間は 199.9分/10aとなった。その内訳をみると、まず本田の準備作業である荒耕起、元肥施用、代掻き作業については、従来の稚苗移植栽培と同様であり、本田準備作業に要する時間は 77.6分/10aであった。なお井村ら²⁹⁾は代掻き作業については種籾を畦畔から散播するため、移植栽培よりも圃場がより均平になるように注意をすることが必要としている。次に種子消毒や浸種等の種子予措作業は移植栽培でも同様の時間を要するが、湛水土壤中直播栽培ではこの後に過酸化石灰の粉衣作業が必要となる。この過酸化石灰を種籾に粉衣することにより湛水土壤中という無酸素条件下でも過酸化石灰が水と反応して極微量の酸素を発生させることにより種籾が出芽する¹⁰⁸⁾。さらに本試験においては、この過酸化石灰の粉衣時間に加えて加重剤の被覆時間が必要となる。これらの作業時間は組人員2人で10a分の種籾（4kg）を処理するのに34分を要した。次に播種作業については、過酸化石灰粉衣の種籾を専用の播種機で条播する方法やヘリコプター利用による散播栽培法³²⁾もあるが、現時点では本試験で用いたような背負式動力散粒機による散播栽培が最も省力的と考えられる。この播種作業時間は種籾の補給時間を含めても15.7分/10aであった。稚苗移植栽培の移植作業時間のみで比較すると6条植田植機を用いた30a区画圃場における移植作業時間は、10aあたり約20分程度であり大きな時間的メリットは認められないが、本栽培法では種籾に過酸化石灰を粉衣する作業が必要となるものの育苗施設、移植機を必要とせず、特に育苗作業の省略が大きなメリットと考えられる。最後に除草剤散布作業については播種直後のピラゾーレート粒剤1回の処理により雑草の発生をほぼ抑えることができた。また病

表 3. 湛水土壌中散播法による水稻栽培の作業別労働時間

作業名	作業機械	所要時間 分/10 a	組人員 人	備 考
耕起	ロータリ	41.0	1	
元肥施用	動力散布機	11.0	1	化成肥料 30kg
代掻き	ロータリ	25.6	1	
種子予措	人力	15.0	1	種子消毒、浸種等
粉衣	コーティングマシン	34.0	2	過酸化石灰、還元鉄等
播種	動力散布機	15.7	1	
防除	動力散布機	18.9	1	除草剤、病虫害防除各 1 回
追肥	動力散布機	4.7	1	NK 化成 13kg
計		165.9		

害虫の防除についてもホールクロップ用という観点からイネミズゾウムシの防除の1回のみとしたが、病害の発生はほとんど認められなかった。しかし、気象条件、土壌条件等により病虫害の発生は十分に予想され、この場合、周囲の食用稲圃場の悪影響を考慮すると最小限の防除は必要と考える。

以上のことから、ホールクロップ用稲の栽培では、湛水土壌中散播栽培法は、従来の稚苗移植栽培法と比較して省力化につながるものと判断できる。また、各種加重剤を用いて検討したが、収量性に大きな影響は認められず、また、湛水土壌中直播栽培法は倒伏の問題が懸念されるが、本年度は台風の襲来も少なく、各区とも倒伏はほとんど認められなかった。従って、以下におけるホールクロップ用稲の栽培では、一部を除いて過酸化石灰粉衣のみの種籾を用いた湛水土壌中散播栽培法を採用することにした。

3. ホールクロップ用稲の収穫

収穫調製作業はディスクモアで刈取り、自走式ロールベアラで梱包し、さらに梱包したロールは圃場内から搬出後、人力で解体しカッタで細断してサイレージ調製を行った。これらの作業能率は表4に示したとおりであり、刈取り作業の圃場作業量は 81.8 a/h 、梱包作業では 23.7 a/h であり、梱包作業の圃場作業量が低い原因は集草作業を行っていないことが一因と考えられる。またサイロ詰め作業については組人員2人で 12.0 a/h となった。ホールクロップ用稲の収穫調製作業はバインダ刈りや牧草用の収穫機を利用して行われていたが、近年の報告^{22, 21, 22, 23, 110)}では、専用の収穫機や省力化を目的にロールベアラ（けん引式）体系による収穫の事例報告があり、ロール体系の場合、バッグサイロで調製したり、ベールラッパを用いたラッピング処理を行っており、本試験でのサイロ詰めの作業能率が他の作業に比較して低いことから、今後サイレージ調製作業について検討する必要がある。また、ホールクロップ用稲専用の収穫機の開発²²⁾も行われつつあり、これらの専用機を用いた調査報告^{72, 91, 92)}ではホールクロップ用稲を刈取り・細断後にトラック等に移し変えて固定サイロに詰め込んでいる。

亀岡¹³⁾や藤岡¹⁰⁾は稲ホールクロップサイレージを生産する場合、収穫時に大型

表 4. 収穫・調製作業の作業能率

作業名	作業機械	作業幅	理論作業量	圃場効率	圃場作業量	組人員
			a / h	%	a / h	
刈取り	ディスクモア	1.80	126.4	64.7	81.8	1
梱包	自走式ロールペーラ	1.28	32.6	72.7	23.7	1
詰込み	シリンダ型カッタ ^{a)}	—	—	—	12.0	2

a) 人力でロールを解体しながらカッタで細断し、簡易鉄板枠サイロ (4.7m³) に詰め込む。

機械の導入が可能な圃場条件に管理できることが、生産技術の大きな問題点であると指摘している。また、専用の収穫機が開発されつつあるものの、流通を含めたホールクロップ用稲の低コスト生産のためにはサイレージ調製作業の省力化や機械費の軽減を図ることが必要である。

4. 稲ホールクロップサイレージの品質

表5に稲ホールクロップサイレージの有機酸組成とフリーク評点を示した。有機酸組成については、乳酸含量が低く酪酸が認められ、これらの比率から評価するフリーク評価法では43点と低い点数となった。これまでの稲ホールクロップサイレージの発酵品質に関する報告^{12-15, 18, 47, 52, 75, 97, 109)}でも、フリーク評価法では低い値のものが多く、サイレージ臭は良好な芳香でありアルコール臭が認められ^{11, 109)}、また嗜好性も良好⁴⁷⁾であるという報告からも、フリーク評価法で判定されるような劣質サイレージとは考えられにくい。従って、今後穂部割合の高い黄熟期以降に収穫調製された稲ホールクロップサイレージについてはフリーク評価法に替わる評価法を検討することが必要である。

また稲をホールクロップサイレージとして調製するための収穫適期は糊熟期から黄熟期とされており、この時期には子実の充実が進行し、T D N収量が増加する^{3, 12, 14, 88)}と言われている。ここで表6に黄熟期に収穫した稲ホールクロップサイレージの一般組成と飼料価値を示した。本試験における分析値は日本標準飼料成分表(1987年版)と同程度であった。

要 約

転換畑におけるホールクロップ用稲の低コスト生産技術として、湛水土壤中散播栽培法による省力栽培技術を中心に検討した。

1. 湛水土壤中直播栽培法は従来の稚苗移植栽培法よりも、育苗作業の省力化が可能であり、さらに種籾を背負式動力散粒機を用いて畦畔から湛水田に散播することにより、湛水土壤中直播専用の播種機を必要とせず、低コスト栽培が可能である。また、過酸化石灰粉衣の上に、さらに加重剤として還元鉄、風乾細土、焼石膏を被覆した種

表 5. 稲ホールクロップサイレージの発酵品質

項 目	水分 %	p H	有機酸組成（現物中%）				フリー- 評点
			酢酸	酪酸	乳酸	総酸	
稲ホールクロップサイレージ	55.2	5.2	0.43	0.03	0.27	0.73	43

表 6. 稲ホールクロップサイレージの一般成分と栄養価

項 目	水分 %	一 般 成 分 （現物中%）					栄養価 ^{a)} %	
		粗蛋白質	粗脂肪	N F E	粗繊維	粗灰分	D C P	T D N
稲ホールクロップ	55.2	2.54	1.55	19.67	14.17	6.88	1.30	23.99
サイレージ		^{b)} (5.67)	(3.46)	(43.88)	(31.63)	(15.36)	(2.90)	(53.55)

a) 栄養価は飼料成分表の消化率（黄熟期）より推定した。

b) () 内の数字は乾物中の割合（%）を示す。

粃を用いて苗立率、収量性について検討したが、還元鉄を被覆すると苗立率に効果がみられるものの、過酸化石灰のみ粉衣の種粃を用いた場合を含めて、乾物収量に大きな差は認められなかった。

2. ホールクロップ用稲を収穫調製するために、従来の牧草用作業機を用いて行ったが、収穫期にこれら大型機械が作業できるような圃場に限定され、またサイレージ調製作業に多大の労力を必要とした。

3. 稲ホールクロップサイレージの発酵品質はフリーク評価法では低い値となった。しかし、サイレージ臭は良好であり、カビの発生や変敗部は認められなかった。

第2章 ホールクロップ用稲の収穫・調製機械の開発

第1節 汎用型稲ホールクロップ用収穫機の開発

緒言

前章において、ホールクロップ用稲の省力栽培について検討し、湛水土壌中散播栽培法を導入することにより、栽培面での省力化が可能となった。しかし、収穫作業については従来の牧草用作業機を用いた場合、特に軟弱圃場では大型機械の走行性、作業性等の問題から安定した収穫調製作業が行えないと言われている⁴³⁾。また、小区画圃場や転換畑を対象とした中小型収穫機の開発や利用試験が行われ^{6, 48, 49, 55, 53)}、特にホールクロップ用稲を対象とした国産自走式ハーベスタの開発や実証試験^{2, 91, 92)}が行われつつあるものの、改善の余地は多い。

そこで、本章ではホールクロップ用稲を耕種農家が収穫し、畜産農家に流通することを前提とした収穫機を開発し検討した。本節では自脱型コンバインを利用した汎用型稲ホールクロップ用収穫機の開発と流通用サイロを試作し、これらを利用したホールクロップサイレージの生産・流通技術について検討した⁹⁹⁾。

材料および方法

1. ホールクロップ稲の栽培

試作機の性能試験を行うための供試稲の栽培は、20a区画(20m×100m)の水田においてキヌヒカリを用い、第1章の栽培法に準じて1990年5月15日に播種した。ただし、病虫害防除については殺虫殺菌混合剤としてBPMC・MPP/EDDP粉剤(3kg/10a)の散布を追加した。

本試験における稲の生育・収量は表7のとおりで、生草収量279kg/a、乾物収量111kg/aであった。

2. 試作機の設計目標

汎用型稲ホールクロップ用収穫機と流通用サイロの開発に先立って、主な設計目標を次のとおり設定した。

表 7. ホールクロップ用稲の生育・収量調査結果

品 種	稈長 cm	穂長 cm	生草収量 kg/ a	乾物率 %	乾物収量 kg/ a
キヌヒカリ	67.2	17.3	279.0	39.8	111.0

注) 収穫は黄熟期とし、1990年9月11日に行った。

(1) 汎用型稲ホールクロップ用収穫機

- ① 走行装置、刈取部、搬送部、操作部は自脱型コンバインを利用する。
- ② 材料稲は細断してサイレージ調製を行う。
- ③ 自脱型コンバインとの両用機とする。
- ④ 流通用サイロがセットでき、サイロの積み降ろしを容易にする。

(2) 流通用サイロ

- ① 移動性があり、地域内流通に耐えること。
- ② 空で輸送する場合には解体ができ、組み立ては1人で容易にできること。
- ③ 軽四輪トラックで運搬できること。
- ④ 汎用型稲ホールクロップ用収穫機にセットできること。

以上のような条件で汎用型稲ホールクロップ用収穫機および、これと組み合わせる流通用サイロを開発し作業能率等を調査した。

3. 稲ホールクロップサイレージの化学分析

稲ホールクロップサイレージの有機酸組成および一般成分の分析は、第1章のとおり行った。

結 果

1. 汎用型稲ホールクロップ用収穫機の構造

試作した収穫機の概要を図1および表8に示した。まず、ベース機としては4条刈り自脱型コンバインを利用した。つまり、走行装置のゴム履帯と刈取部のデバイダ、引起し爪、往復動刈刃、および搬送部のチェーンコンベヤはそのまま利用し、脱穀部、排葉処理用カッタ等を取りはずした。材料稲の切断機構は、シリンダ型吹き上げカッタを利用し、カッタ部への動力の伝達は、自脱型コンバインの主エンジンからこぎ胴等を回転させるVプーリと3本のVベルトを利用した。自脱型コンバインの搬送部（チェーンコンベア）とカッタ部との材料稲の受渡しは、カッタ部に取り付けた2本の円錐形ゴムローラにより行い、受け渡された材料稲はフィードロールを通してシリンダ型カッタで細断し、横後方へ吹き上げる方式とした。

また、荷台部には図2に示したようなテーブルリフト（リフト量1,100mm、スライ

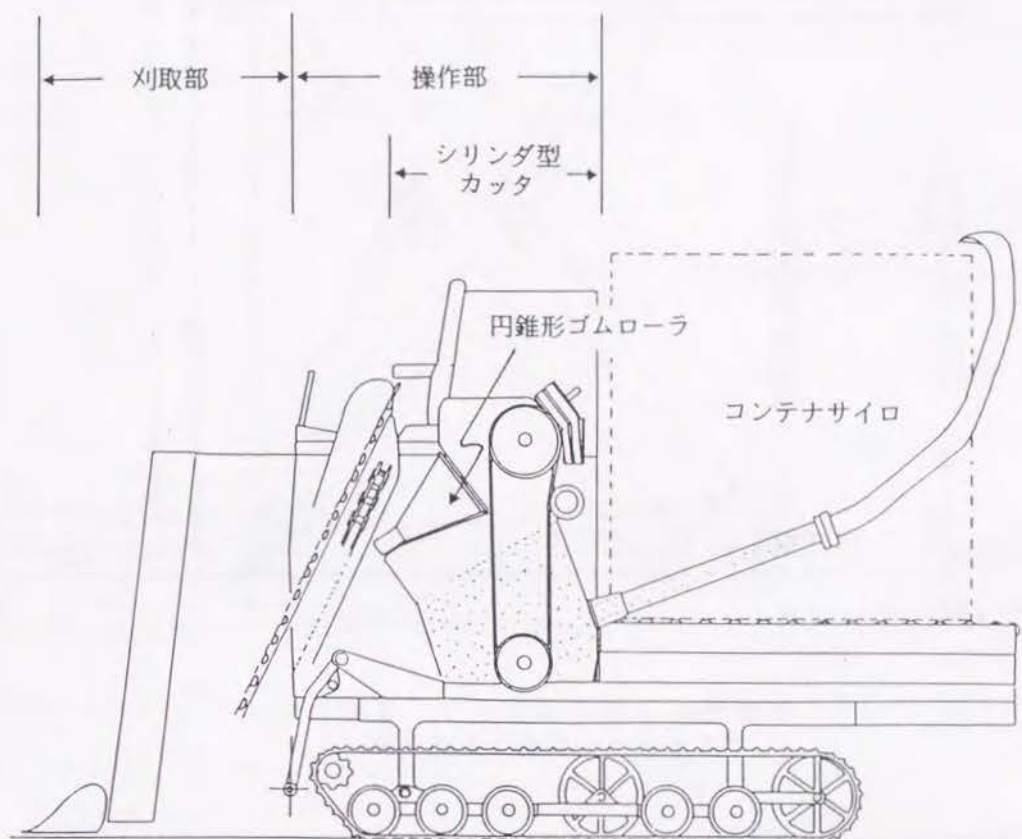


図 1. 汎用型稲ホールクロップ用収穫機の概要図

表 8. 汎用型稲ホールクロップ用収穫機の主要諸元

全 長	(mm)	3,530
全 幅	(mm)	1,900
全 高	(mm)	2,970
機体質量	(kg)	2,520
エンジン出力	(kW/rpm)	25.8/2,800
変 速 方 式		H S T (油圧駆動)
走 行 装 置		ゴム履帯
刈 取 部		レシプロ式
刈 幅	(mm)	1,400
細断機構		シリンダ型カッター
荷台の昇降機構		重荷重用ローラコンベアー付 テーブルリフト
最大リフト量	(mm)	1,100
最大スライド量	(mm)	600

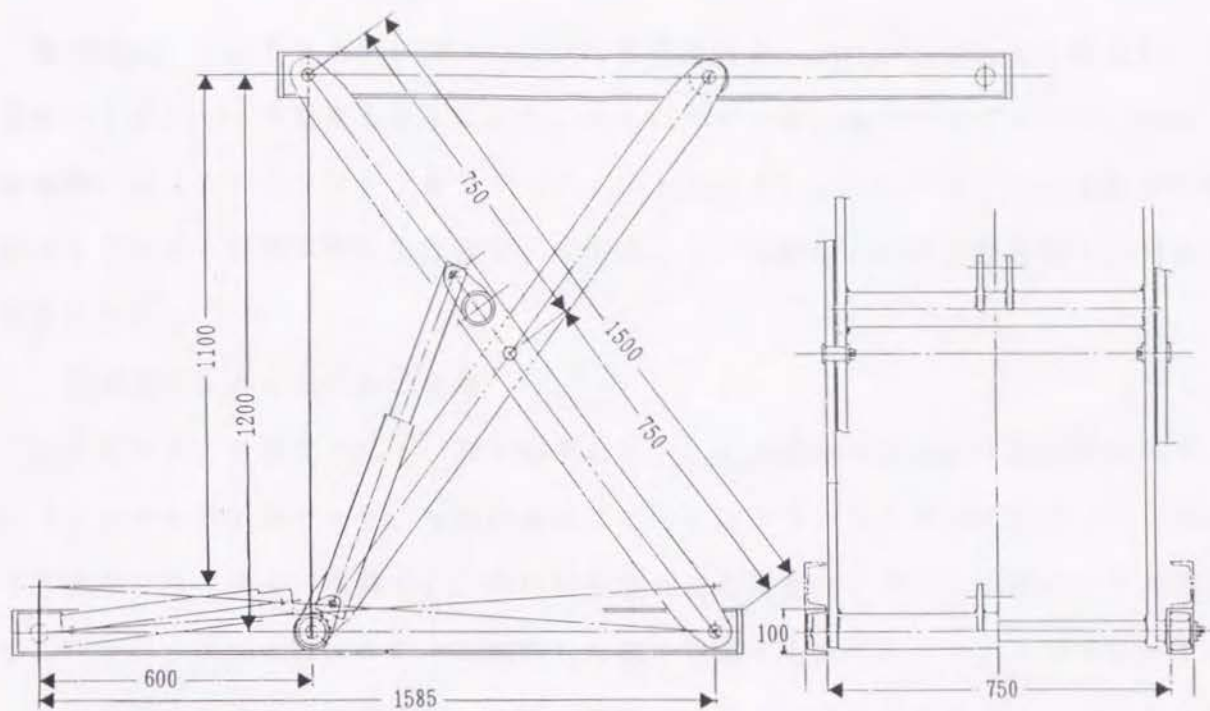


図 2. テーブルリフトの概要図
注) 図中の数字はmmを表す。

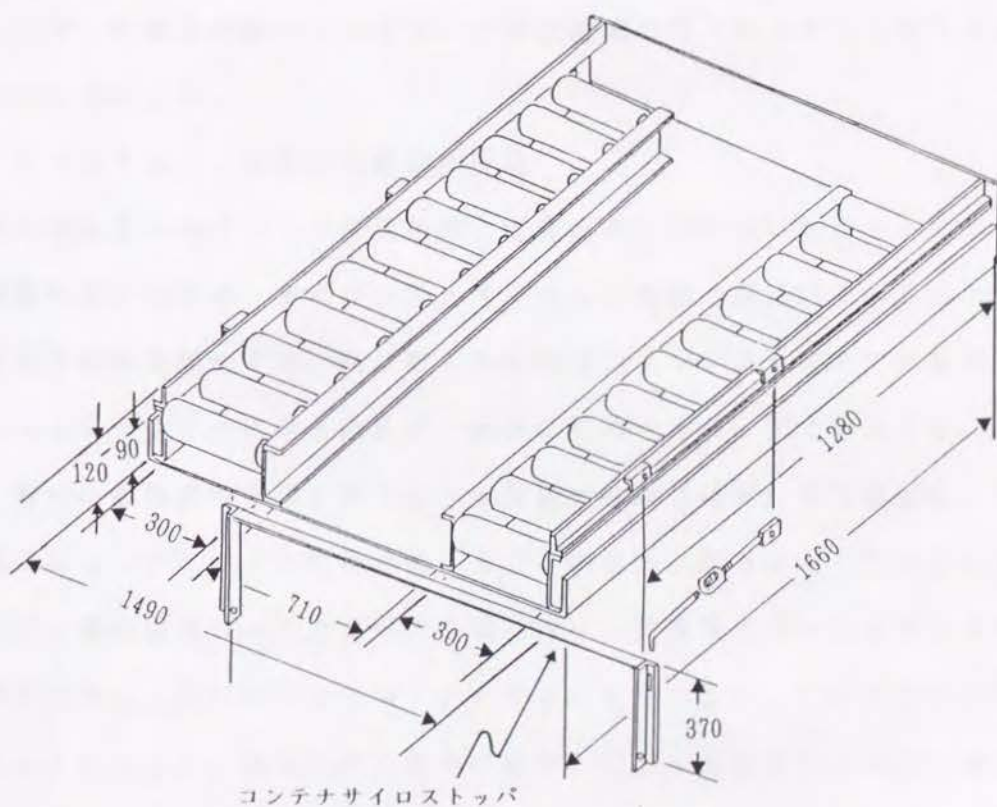


図 3. 重荷重用ローラコンベアーの概要図
注) 図中の数字はmmを表す。

ド量 600mm) と、その上部に図 3 のような重荷重用ローラコンベアを 2 本装着し、流
通用サイロがセットできるようにした。さらにカッタ部およびテーブルリフト部は一
体構造とし (ホールクロップ用アタッチメントと記す)、本体のフレームと脱着が可
能なように 4 本のボルトにより固定する方式とし、脱穀部との相互積み替えが可能な
構造とした。

2. 流通用コンテナサイロの構造

流通用サイロの概要を図 4、表 9 に示した。この流通用サイロは 5 面分解式のプレ
ハブコンテナサイロであり、各面の組み立て方式はワンタッチで行えるようにクリッ
プ方式とした (図 4、写真 1)。材料稲を詰め込む場合は、コンテナサイロの内部に
ビニールバッグを入れ、その中に細断した稲を埋蔵する方式とした。このコンテナサ
イロの材質は底面には鉄板を用いたが、側面については軽量で強度があり、しかも内
部のビニールバッグを破損させないように写真 1、写真 2 に示したようなパンチング
メタルを使用した。また材料稲の詰め込み後の移動のため、側面の上部には各面 1 個
ずつ吊上げ金具を取り付けた。このコンテナサイロの容量は 1.73 m^3 、質量 104 kg であ
り、試作した汎用型稲ホールクロップ用収穫機の荷台部 (テーブルリフト部) に装着
できるようにした。

3. ホールクロップ用稲の収穫調製作業

汎用型稲ホールクロップ用収穫機と流通用サイロを用いたホールクロップ用稲の収
穫調製作業の行程は、まずコンテナサイロを収穫機の荷台にセットし、ホールクロッ
プ用稲の収穫を開始する。刈り取られた稲はシリンダ型カッタで細断されてから荷台
部のコンテナサイロに吹き込まれ、最後にビニールバッグで密封する。コンテナサイ
ロ 1 個分の収穫調製作業が終了後、収穫機が畦畔 (農道) まで移動し、トラック等の
運搬車にコンテナサイロを積み替える。この場合、図 5 に示したようにトラック等の
荷台にも重荷重用ローラコンベアを取り付け、収穫機のテーブルリフトを上昇させ、
運搬車の荷台と同レベルまでコンテナサイロを持ち上げ、コンテナサイロをスライド
させることにより、圃場内から農道に駐車してある運搬車にも容易にコンテナサイロ
の積み替え作業を行うことができた (図 5 - b)。

本体系ではホールクロップ用稲の収穫作業とサイレージ調製作業を同時に行うこと

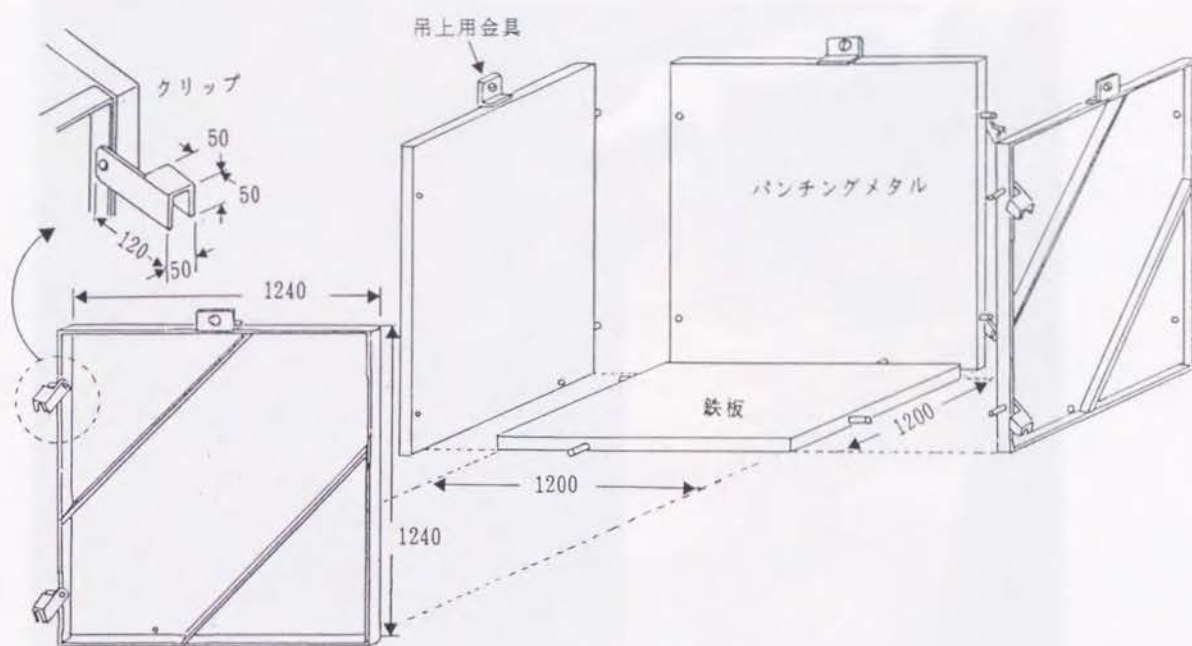


図 4. 流通用コンテナサイロの概要図
注) 図中の数字はmmを表す。

表 9. 流通用コンテナサイロの概要

組立方式	5面分解式(クリップで固定)
外 寸(mm)	1,280×1,280×1,240
内 寸(mm)	1,200×1,200×1,200
内容量(m³)	1.73
質 量(kg)	104.4
材質	
側面	パンチングメタル ^{a)}
底面	鉄板

a) 写真1、2を参照。

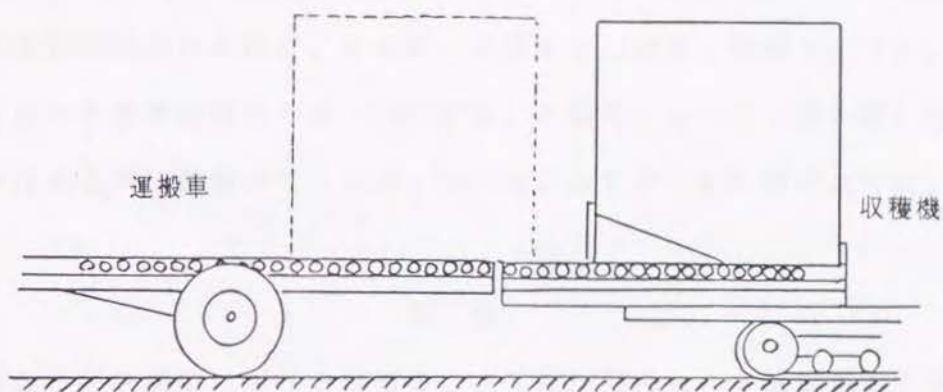


写真 1. クリップによる流通用コンテナサイロの組み立て方式

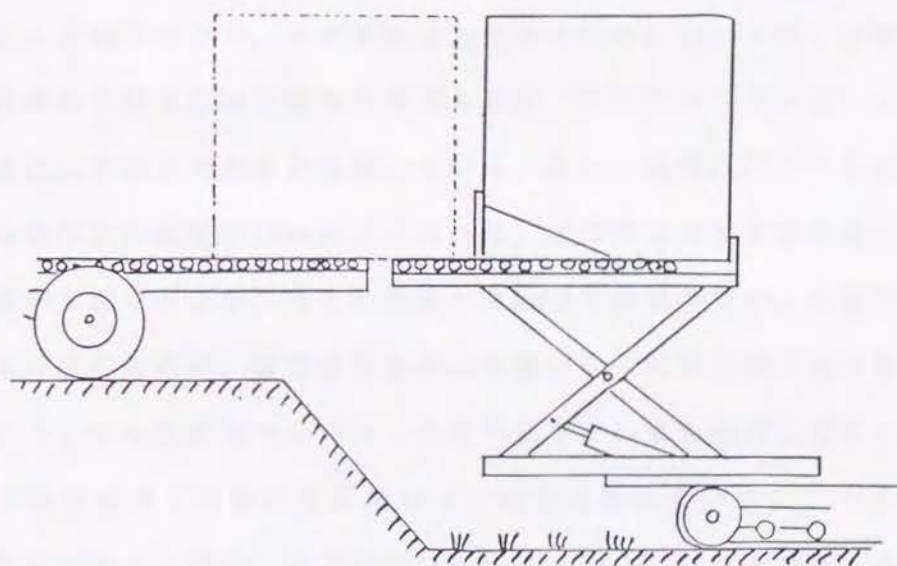
注) 側面はパンチングメタルを使用した。



写真 2. 各面（5面）を組み立てたコンテナサイロ



a : 圃場内で積み替える場合



b : 収穫機と運搬車に段差がある場合

図5. コンテナサイロの積み替え作業

ができ、その作業能率は、表10に示したように組人員2人で11.1a/hであり、コンテナサイロのセッティング時間と運搬車への積み替え時間を含めた場合、圃場効率は40.8%となった。

流通用コンテナサイロで調製したサイレージの発酵品質と栄養価を表11、表12に示した。発酵品質はフリーク評点で28点となり高い評価は得られなかった。しかし、カビの発生や変敗部は認められず、サイレージ臭および色調は良好であった。また栄養価については日本標準飼料成分表（1987年版）の稲サイレージ（黄熟期）の消化率による推定ではあるが、乾物中でTDN：58.9%、DCP：4.2%であった。

考 察

転換畑等の小区画圃場における収穫機は、K社が開発した多輪型万能作業車⁶⁾や宮崎⁸⁾によるサイレージ用小型汎用収穫機があり、また主にホールクロップ用稲を対象とした収穫機では北海道農試^{10), 22)}で開発した水稻ホールクロップ用自走式ハーベスタやY社が開発したホールクロップサイレージ用収穫機がある。これらの収穫機の利用試験による報告の中で、まず水田における走行性については、天野⁶⁾は多輪型収穫機は走行部が8輪左右独立駆動方式であるが、クリアランスが低いいため軟弱圃場で収穫作業には不向きであると指摘している。また、高野ら^{9), 92)}も山中式硬度計で測定した時の作土の硬度が16mm以上の場合には、履帯型および多輪型走行の収穫機とも容易に作業が実施できるが、作土の硬度が8mm以下の場合では、多輪型走行の収穫機は作業が不可能になるが、履帯型収穫機は作業がなお容易に行えると報告している。本試作機についても自脱型コンバインの走行部をそのまま利用しており、他の稲ホールクロップ用収穫機と同様に走行部はゴム履帯を用いている。このようにホールクロップ用稲を収穫する場合、対象圃場は軟弱田が中心になると考えられ、走行部は接地圧が小さい履帯型が圃場条件からくる刈取時期の制約が少なく最も適しているものと推察される。

次に、刈取部については、フレール型ハーベスタの利用や牧草類にも対応できるようにコーンハーベスタの刈取部を改良しドラムモアを装着した報告⁶⁾がある。本機の場合はコンバインの刈取部をそのまま利用しており、Y社のホールクロップ収穫

表10. 汎用型稲ホールクロップ収穫機の作業能率

作業名	圃場効率 %	圃場作業量 a / h	組人員 人
調査1 ^{a)}	40.8	11.1	2
調査2 ^{b)}	77.8	21.2	1

a) コンテナサイロのセッティング、荷降ろし時間を含めた全作業時間で算出した場合。

b) 刈取、コンテナへの詰め込み時間のみで算出した場合。

注) 作業幅は1.40m、理論作業量27.2 a / hrで算出した。

表11. 稲ホールクロップサイレージの発酵品質

項目	水分 %	p H	有機酸組成（現物中%）				フリー-ク 評点
			酢酸	酪酸	乳酸	総酸	
流通用コンテナサイロ	60.4	4.6	0.29	0.20	0.53	1.02	28

注) 開封は調製後、約1ヵ月とし、1990年10月20日に行った。

表12. 稲ホールクロップサイレージの一般成分と栄養価

項目	水分 %	一般成分・現物中%					栄養価 ^{a)} %	
		粗蛋白質	粗脂肪	N F E	粗繊維	粗灰分	D C P	T D N
稲ホールクロップ サイレージ	60.4	3.26 (8.23) ^{b)}	1.13 (2.85)	23.68 (59.80)	7.38 (18.64)	4.15 (10.48)	1.66 (4.19)	23.33 (58.91)

a) 栄養価は飼料成分表の消化率（黄熟期）より推定した。

b) () 内の数字は乾物中の割合（%）を示す。

機と同様な刈取方式である。また北海道農試で開発した稲ホールクロップ用収穫機では前面にリール付きカッターを装着している。

材料稲の細断機構については、フライホイールカタ式（Y社）やシリンダ型カタ式（北海道農試式）があるが、処理能力を考慮して本機はシリンダ型カタ式を採用した。つまり、自脱型コンバインのチェーンコンベアにより運ばれてきた材料稲は、カタ部へ受け渡され細断される。本機と同様な自脱型コンバインの刈取部とチェーンコンベアを利用してカタ部へ材料草を送り込む方式（Y社）では、カタ部のフィードロールに刈り取った茎葉が詰まりやすいという指摘¹⁰⁾もあるが、本機の場合では、このようなトラブルは認められなかった。

細断後の材料稲は後部のワゴンに搭載され、側方または後方式ハイダンプ形式で農道のトラックに積荷を移し替える方式が一般的である。しかし、この方式では運搬後に各形式のサイロへ詰め込む必要があり、このサイロ詰め作業の省力化が重要であると考えられる。稲ホールクロップの生産流通事例の報告^{7,2)}でも、収穫機のワゴンからバグサイロに移し替え、さらにカップサイロに詰め込んでいる。この場合の作業分担は栽培管理が耕種農家、サイレージ調製作業が畜産農家であり、耕種農家は材料稲の運搬までを請け負っている。本機は刈取作業とサイレージ調製作業を圃場内で同時に行うことが特徴であり、耕種農家がコンテナサイロを利用してサイレージとして流通する。このコンテナサイロは空で輸送する場合は5面が分解でき、組み立てはクリップ方式を採用したことにより、ボルト、ナット類を用いずに約5分で1人でも容易に行うことができる。従って、本収穫機が収穫調製作業を行っている間に、補助作業者が次のコンテナサイロの組み立てを行うことになる。1コンテナの収穫調製作業終了後は、収穫機が農道まで移動し、トラックにコンテナサイロを移し替える。この場合、材料稲の詰め込み後の総質量は約500kg（詰め込み質量：400kg）であるが、荷台に装着したテーブルリフト、重荷重用ローラコンベアにより、圃場と段差のある農道までの流通用サイロの積み替え作業も、テーブルリフトを上昇させることにより行うことができる。また、畜産農家（あるいは保管場所）まで運搬されたコンテナサイロは、吊上用金具を利用してフォークリフト等により降ろすことになる。この場合、材料稲を詰め込んだコンテナサイロのハンドリングについては、安全面で十分に注意

をすることが必要であり、今後、流通形態を含めたハンドリング技術について検討することも必要である。

稲ホールクロップサイレージを含めた飼料作物を生産および流通する場合、生産経費はその計算方法の前提条件により大きく変動するが、機械費が全体の生産費を押し上げることが考えられる。そのため機械費の節減を目的に汎用型作業機の開発も行われており、宮崎⁶⁴⁾ は長大作物と牧草類が収穫できるような小型汎用収穫機を開発した。また、K社の万能作業車は飼料用の各種作業が1台でできるように各アタッチメントを用意している⁶⁾。しかし、食用と飼料との汎用型収穫機に関する研究は見当たらない。本機は自脱型コンバインをベース機としており、自脱型コンバインの脱穀部とホールクロップ用アタッチメントの相互積み替えが可能な構造であり、食用稲の収穫後、ホールクロップアタッチメントに載せ替えて稲ホールクロップサイレージの収穫調製作業を行うことができる。さらに操作性についても、自脱型コンバインと同様であり、耕種農家でも容易にホールクロップ用稲の収穫調製作業ができるものと考えられる。従って、本収穫機の利用にあたっては、米麦中心の作業受託組織に導入し、食用の稲、麦とホールクロップ用稲の計画的な栽培により、効率的に活用できるものと推察される。

本体系における作業能率は、圃場作業量で $11.1 \text{ a} / \text{h}$ （コンテナ数：5個）となった。Y社が開発した4条刈用ハーベスタを用いたホールクロップ用稲の作業能率をまとめた藤岡の報告¹⁰⁾ では $7 \sim 14 \text{ a} / \text{h}$ 、また北海道農試で開発されたハーベスタの能率は $17.6 \text{ a} / \text{h}$ であり²²⁾、本試験における作業能率は北海道農試式ハーベスタよりは若干劣るもののY社製ハーベスタとほぼ同程度である。しかし、本体系では圃場内でサイレージ調製まで行うため、他の報告の体系のように再度サイロ詰め作業を行う必要がなく、このためのサイレージ調製のための作業人員が不要であり、省力化が可能である。また圃場効率は40.8%と低い値となったが、これはコンテナサイロのセッティング時間と積み替え作業に要する時間が全作業時間の約45%を占めたためであり、これらの時間を除いた場合の圃場効率は77.8%であり、自脱型コンバインの子実収穫作業と同程度になると推察される。

本収穫機については写真3に示したように実用化され、中山間地帯の米麦中心のオ



写真 3. 汎用型稲ホールクロップ用収穫機（実用機）



写真 4. 後方式ハイダンプワゴン装着の汎用型稲ホールクロップ用収穫機

注）ハイダンプワゴンは流通用コンテナサイロと積み替えができる。

ペレータ組織に導入された。本地域では食用稲の栽培は従来の稚苗移植栽培で行い、ホールクロップ用稲は湛水土壤中散播栽培法で行っている。このため収穫期は稚苗移植の食用稲の方が早く、まず従来の自脱型コンバインとして食用稲を収穫し、その後ホールクロップ用アタッチメントに載せ替えてホールクロップ用稲を収穫している。なお、実用機はコンテナサイロの装着の他に、写真4に示したようにテーブルリフト部をそのまま利用し、2本の油圧シリンダを取り付けるだけで、後方式ハイダンプワゴンも装着できるようになっており、畜産農家の固定サイロへの詰め込みにも対応できる構造となっている。

要 約

ホールクロップ用稲をサイレージとして流通するための汎用型稲ホールクロップ用収穫機と流通用コンテナサイロを開発し、その作業体系、作業能率等について検討した。

1. 開発した汎用型稲ホールクロップ用収穫機は自脱型コンバイン（4条刈り）の走行部、刈取部、搬送部、操作部等をそのまま利用し、脱穀部の代わりにシリンダ型カッタ、テーブルリフト等のホールクロップ用アタッチメントを搭載したものである。また、流通用コンテナサイロについては、5面分解式でクリップ方式によりワンタッチで容易に組み立てができる。このコンテナサイロを汎用型稲ホールクロップ用収穫機にセットすることにより、ホールクロップ用稲の刈取作業とサイレージ調製作業を同時に行うことができ、この場合の圃場作業量は 11.1 a/h となった。

2. 本機の特徴は自脱型コンバインとの両用機であり、脱穀部とホールクロップ用アタッチメントとの相互積み替えが可能な構造としたことにより、機械費の節減につながるものと推察される。

第2節 稲ホールクロップ用カッティングロールベアラの開発

緒言

前節において、自脱型コンバインを利用した汎用型稲ホールクロップ用収穫機と流通コンテナサイロを開発し、刈取り作業とサイレージ調製作業を同時に行い、バラサイレージをコンテナサイロで流通する方法について検討した。その結果、自脱型コンバインの両用機とすることで、米麦を中心とした作業受託組織に本開発機を導入することにより効率的な稲ホールクロップサイレージの生産と流通体系を確立した。

しかし、コンテナサイロの質量、材料稲詰め込み後のハンドリングの問題等に改善の余地が残された。また、近年、ロールベアラが普及し始め、佐々木ら⁸⁾¹⁾はロールベアラサイレージは国内粗飼料流通の有力な梱包手段であると指摘している。そこで本節では、稲ホールクロップの調製・流通形態をロールベアラサイレージとした場合の収穫機を試作し検討した^{100, 101)}。

材料および方法

1. ホールクロップ用稲の栽培

試作機の性能試験を行うための供試稲の栽培は、試験1圃場および試験2圃場とも10a区画(10m×100m)の水田においてヤマヒカリを用い、第1章の栽培法に準じて湛水土壤中散播栽培法で行った。なお、試験1、試験2のホールクロップ用稲の生育収量は表13のとおりであった。

2. 試作機の設計目標

稲ホールクロップ用カッティングロールベアラの開発に先立って、主な設計目標を次のとおり設定した。

- (1) 梱包後のロールのハンドリングを考慮して、ロールサイズは直径900mmとする。
- (2) ダイレクトカット方式の自走式ロールベアラとし、前節の汎用型稲ホールクロップ用収穫機と同様、収穫機の汎用利用を目的にロールベアラ用アタッチメントとして自脱型コンバインの脱穀部との相互積み替えが可能な構造とする。
- (3) 家畜への給与時のロール解体作業の省力化、高密度梱包のため、材料稲の切断機

表13. ホールクロップ用稲の生育・収量調査結果

項 目	品 種	熟 期	稈長 cm	穂長 cm	生草収量 kg/ a	乾物率 %	乾物収量 kg/ a	穂部割合 DM%
試験 1	ヤマヒカリ	黄熟期	71.5	17.5	240.9	41.8	100.7	43.1
試験 2	ヤマヒカリ	黄熟期	71.2	17.0	241.1	42.1	101.5	42.6

注) 試験 1 : 試作 1 号機に供試 (10 a、10m×100m)

試験 2 : 試作改良機に供試 (10 a、10m×100m)

構を組み入れる。

なお試験1は試作当初の作業能率を中心に検討し、試験2では試作機の切断長等に改良を加え、ロール成形精度等について検討した。

3. 試作機の性能評価

稲ホールクロップ用カッティングロールペーラの性能を評価するにあたり、次の項目を調査した。

(1)作業能率：行程別作業時間、圃場作業量

(2)成形ロール調査：切断長、重量、大きさ、成形ロス等

(3)成形ロールの品質：ロールの部位別品質として、ロールを輪切りに2分割し、それぞれの部位別割合、発酵品質、一般成分を分析した。なお発酵品質、一般成分の分析については、第1章のとおり行った。

4. ロールの密封作業

梱包終了後は、ロールペーラが農道上まで移動し、試験1ではロールをトラックで運搬後、牛舎周辺で定置式ベールラッパを用い密封処理を行った。試験2では、運搬ロスの軽減を目的に圃場外に搬出後、農道で直ちに密封処理を行った。

結 果

試作した稲ホールクロップ用カッティングロールペーラの概要を図6および表14に示した。本機も前節の汎用型収穫機と同様に、自脱型コンバインとの両用機とするため、ベース機は4条刈り自脱型コンバインとした。従って本機は自脱型コンバインの走行部、刈取部、搬送部をそのまま利用し、脱穀部の代わりにディスク型カッタおよび定形式ロールペーラ（φ900mm）のロール成形室（bale chamber：ベールチャンバ）を搭載したものであり、自走式ダイレクトカット方式のロールペーラである。また材料稲のベールチャンバへの送り込み機構は、ピックアップ方式からベルトコンベア方式に改造した。

本機の特徴は良質サイレージ調製のための高密度梱包とロール解体時の省力化のため、材料稲を切断後ロール成形が可能なカッティング機構を組み入れたことにある。

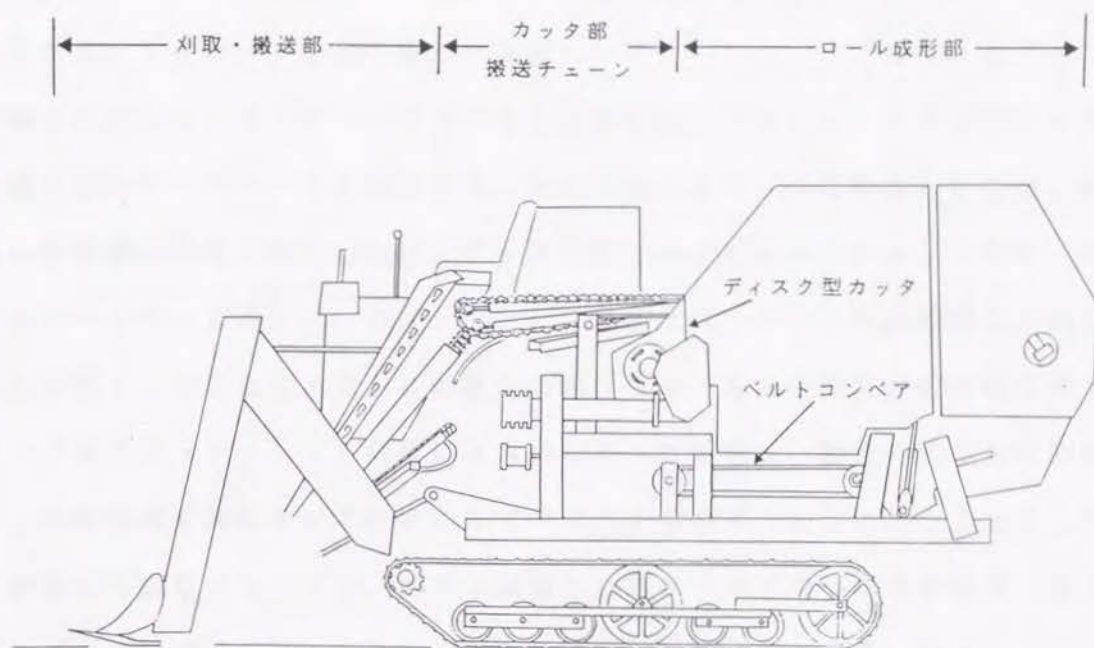


図 6 . 稲ホールクロップ用カッティングロールペーラの概要図

表14. 稲ホールクロップ用カッティングロールペーラの主要諸元

全 長 (mm)	4,000
全 幅 (mm)	1,450
全 高 (mm)	1,900
機体質量 (kg)	2,400 (内 ロールペールアタッチ部 : 780)
刈 取 部	レシプロ式 (刈幅 : 1,400mm)
エンジン出力 (kW/rpm)	25.8/2,800
変速度方式	H S T
走行装置	ゴム履帯
ロールペールアタッチ部	
ペール寸法 (mm)	φ900×850
切断機構	ディスク型カッター
材料草送り込み機構	ベルトコンベア方式

つまり、自脱型コンバインのレシプロ型モアで刈り取り、チェーンコンベアで搬送されてきたホールクロップ用稲を新たに装着したチェーンコンベアでベールチャンバ前部に取り付けたディスク型カッタまで搬送し細断後、ベルトコンベアでベールチャンバへ送り込みロールベールを成形する。また本機のもう一つの特徴としては、前述のように収穫機の汎用利用を目的に、ディスク型カッタとベールチャンバ部を一体構造としたロールベール用アタッチメントとし、自脱型コンバインの脱穀部との相互積み替えを可能としたことにある。この場合の本体フレームとの脱着方式は前節のホールクロップ用アタッチメントと同様に4本のボルトで固定し、動力の伝達も自脱型コンバインの脱穀部を回転させるためのVプーリと3本のVベルトで行うこととした。従って本機は自脱型コンバイン、前節で開発した稲ホールクロップ用収穫機、稲ホールクロップ用カッティングロールベラの3種の収穫機として使用することができる。

本機の作業能率は表15に示したとおりであり、ディスク型カッタの切断刃間隔を14cmに設定して調査した結果、圃場作業量 9.9 a/h であり、圃場効率は35.7%と低い値となった。ただし、この場合の作業行程はロールベラが梱包作業終了後に圃場外まで移動し、農道でロールを排出させ、その後、再び圃場内に戻り、刈取り・梱包作業を行って調査した結果である。また行程別の作業時間を表16に示したが、ロールベラが圃場内を移動している時間が全作業時間の48.1%となった。

次に梱包性能の調査結果を表17に示した。まず、試作1号機ではディスク型カッタの切断刃間隔を15cmに設定し調査した。さらに改良機として切断刃間隔を7cmに狭くするとともに、梱包内の均一化を目的に図7に示したようにディスク型カッタの下部に6枚の攪拌用ビータを取り付けて、同様の梱包性能を調査した。切断刃間隔を14cmに設定した場合の平均切断長は15.4cmであり、梱包密度は $103.6 \text{ kg} \cdot \text{DM}/\text{m}^3$ 、ロール成形ロスは4.3%であった。次に切断刃間隔を7cmに設定した場合、平均切断長は8.6cmとなり、梱包密度は $113.6 \text{ kg} \cdot \text{DM}/\text{m}^3$ に向上したが、ロール成形ロスは逆に6.2%に増加した。

本機を用いた場合のロールの形状は、自脱型コンバインの刈取部、搬送部をそのまま利用していることから、ロールの片側に穂部が集中する傾向にあり、この対策として攪拌用ビータを取り付け、その効果について検討した。調査はビータ取り付け前

表15. 試作1号機の作業能率

作業名	作業幅 m	理論作業量 a/h	圃場効率 %	圃場作業量 a/h	組人員 人
刈取・梱包	1.40	27.7	35.7	9.9	1

注) 作業行程は、ロールペーラが畦畔まで移動し、梱包したロールを排出する
梱包数：13.9個/10a

表16. 収穫作業における行程別作業時間（1ロール当たり）

項目	作業時間			圃場内移動時間		
	刈取・梱包	旋回	小計	往路 ^{a)}	復路 ^{b)} (トワイン巻)	小計
平均時間 (s)	113.4	26.0	139.4	50.4	73.0 (60.7)	123.4
標準偏差	7.2	24.6	—	28.0	25.6 (2.5)	—
割合 ^{c)} (%)	42.2	9.7	51.9	18.8	29.3	48.1

注) a) : 刈取り場所までの移動時間である。

b) : 梱包作業終了後、畦畔までの移動時間（トワイン巻は復路走行中に行う）である。

c) : 全作業に対する割合を示す。

表17. 試作機によるホールクropp稲の梱包性能

項目	平均切断長 cm	水分 %	ロール径 cm	ロール幅 cm	質量 kg	密度 kg・DM/m ³	成形ロス %	運搬ロス ^{a)} %
試作1号機	15.4	58.2	92.0	87.4	144.0	103.6	4.3	9.1
試作改良機	8.6	57.9	91.1	87.1	156.3	113.6	6.2	1.6

注) 試作1号機：ディスク型カッタの切断刃間隔を14cmに設定

試作改良機：ディスク型カッタの切断刃間隔を7cmに設定し、攪拌用ビータを装着

a) : ロールの移動にともなう荷崩れによるロスである。

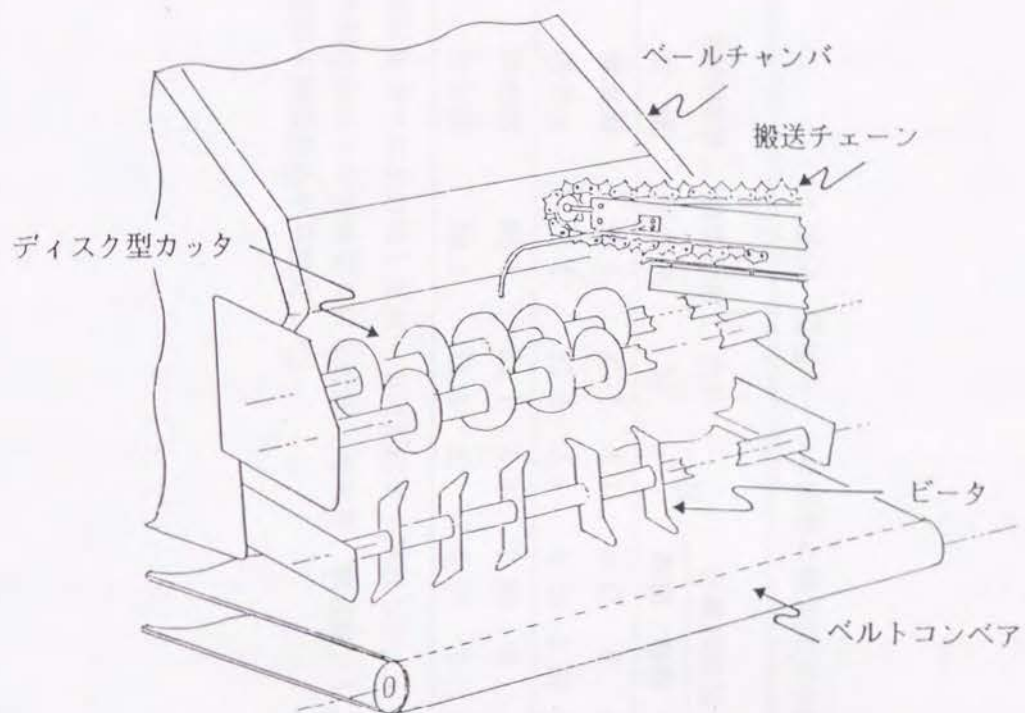


図 7. 材料稲のカッティング機構と攪拌機構

表18. 梱包ロールの穂部の梱包内分布状況と部位別発酵品質および一般成分

項 目	試料採取 ^{a)} 位 置	穂部分布 ^{b)} 割合 %	水分 %	p H	有機酸組成 現物中%				フリー- 評点	一 般 成 分 乾物中%				
					酢酸	酪酸	乳酸	総酸		粗蛋白質	粗脂肪	N F E	粗繊維	粗灰分
試作1号機	穂先側	96.8	45.7	5.2	0.17	0	0.48	0.65	93	7.83	2.63	68.50	15.16	5.88
	株元側	3.2	73.2	4.6	0.35	0.08	0.53	0.95	31	4.16	1.96	47.54	34.22	12.12
試作改良機	穂先側	69.9	38.7	5.3	0.06	0	0.24	0.30	97	7.01	2.85	66.96	18.22	4.96
	株元側	30.1	70.8	5.1	0.37	0	0.34	0.71	64	5.42	3.20	51.45	30.15	9.78

a) 分析試料は輪切りに2分割したロールの各部から採取した。

b) 穂部分布割合はロールを輪切りに2分割（穂先側、株元側）し、各部から芻のついている部分とそれ以外の部分に分け、収量調査における乾物中穂部割合から推定した。

（試作1号機）と取り付け後（試作改良機）にロールを成形し、それぞれのロールを輪切りに2分割し、穂部の分布状況、発酵品質、一般成分を調査した（表18）。ビータ取り付け前では穂部全体の96.8%がロールの片側（穂先側）に集中し、他方（株元側）には3.2%の穂部が認められるだけであった。このためロール内の発酵品質、一般成分に大きな差が生じた。次にビータ取り付け後は、穂先側の穂部が69.9%となり、株元側にも30.1%の穂部が認められるようになったが、発酵品質、一般成分からみると顕著な改善効果は得られなかった。

考 察

ロールベアラは乾草や藁類の収集・梱包用作業機として開発され、その後高水分材料を梱包できるサイレージ生産向けの機種に改良されてきた^{9,7)}。このようにロールベアラやベールラップの普及とともにロールベールサイレージ体系の現状や問題点に関する数多くの報告^{3,3,36,41,48,57,60,62,65,81,84,86)}がなされてきた。これらの報告の中でロールベール体系の特徴としては、収穫作業能率が高いことやワンマンオペレーションが可能なことであると指摘している。さらに転換畑用の自走式ロールベアラの開発やカッティングロールベアラの開発に関する研究^{8,6)}も進められている。

そこで本節では軟弱圃場を対象とした稲ホールクロップ用カッティングロールベアラを開発し、その作業能率を調査したが、理論作業量に比較して圃場作業量が低く、圃場効率が著しく低い値となった。これは、特に本調査では過湿圃場を対象としており、成形したロールを圃場内で排出することはロール表面の濡れや土砂の混入を招く恐れがある。このため作業行程が1ロールずつロールベアラが圃場外まで移動してロールを排出させたため、圃場内移動時間が全作業時間の約半分を占めたことが大きな原因と考えられる。

密封処理については定置式ベールラップを用いてストレッチフィルムで密封処理を行ったが、試験1では圃場外に排出したロールをトラックで運搬後に密封処理を行い、試験2では農道において密封処理を行った。本機はカッティング機構が組み入れてあることから細断した材料稲を梱包するため、移動回数が多くなるほど荷崩れによる運搬ロスも大きくなる（試験1：運搬ロス9.1%、試験2：運搬ロス1.6%）。従って

梱包の結束方式を現在のトワイン方式（結束ピッチ：10cm）からネット方式に改良するか、あるいは本機と組作業を行うベールラッパを開発し、圃場内で直ちに密封処理を行うことにより、これらの問題点は解決できるものと考えられる。

本機の特徴はカッティング機構を組み入れたことにあるが、現在開発されているカッティングロールベラの切断機構^{37, 86)}は、ピックアップ装置の直後に複数のナイフを取り付け、材料草がこのナイフ上を流れる時にスパイラルローラで押しつけられて切断される機構が一般的である。本機の場合はダイレクトカット方式であり、このような切断機構を組み入れることは困難である。従って本機では低馬力で切断作業ができるとともに切断長が比較的一定である自脱型コンバインの排糞処理に利用されているディスク型カッタをベールチャンバの前部に取り付けることにした。カッティングロールベラの特徴は、高密度化により梱包内の空気の排除と侵入を防ぎ良質サイレージ調製ができること⁸⁰⁾、解体作業の省力化による給与時間の短縮^{48, 81)}などが上げられるが、逆に切断長が短いほど成形ロスが大きくなると言われている^{57, 65)}。本調査でもディスク型カッタの切断刃間隔を14cmから7cmに狭くすることにより、材料稲の切断長は短くなり、平均切断長が8.6cmでもロール成形は十分に可能であり、梱包密度は約10%向上したが成形ロスは増加した。しかし、サイレージ品質の安定⁸⁶⁾や給与ロス⁴⁸⁾を考慮すると成形ロスの増加は大きな問題にならないものと推察される。

本機のもう一つの特徴は自脱型コンバインとの両用機であり、カッティング機構とベールチャンバ部を一体構造としたロールベール用アタッチメントとしたことにある。従って本機の場合、材料稲の流れは、自脱型コンバインの刈取部で収穫された稲はチェーンコンベアにより搬送されてくる。その後、ロールベール用アタッチのチェーンコンベアに受け渡されディスク型カッタで切断されて真下に落ち、そのままベルトコンベアでベールチャンバ内に運ばれロール成形を行う。この場合、本機を用いて成形したロールの形状は、前述のように穂部がロールの片側に偏る傾向にある。これは、自脱型コンバインの子実収穫の場合、脱穀部までの材料稲の流れはチェーンコンベアにより立毛状態のまま各条分を一括して、材料稲の株元と穂首を2本のチェーンコンベアでつかみ、穂先を揃えた水平状態として脱穀部のこぎ胴に送り込まれる構造となっ

おり、これらの機構をそのまま利用していることに起因すると考えられる。従って穂部の多い部分は発酵品質、一般成分からみて籾サイレージと類似し、逆の穂部の少ない部分は稲藁サイレージに類似している。この対策としてロール内の均一化を目的にビータによる攪拌を検討した。ビータの取り付けにより、穂部の約30%が逆側（株元側）まで移動されたが、発酵品質、一般成分からみると顕著な効果は認められなかった。これは、ディスク型カッタとビータまでの距離とビータからベルトコンベアまでの距離が短いため、十分に攪拌されないためと推察される。しかし、ロールベールは舎内給与時では解体後給与されており、さらに今後、ロールベールサイレージについてもTMR調製技術と結びつくものと考えられ⁸⁾¹⁾、本機で梱包したロールは切断されていることにより、解体作業が容易であるとともに、直接濃厚飼料との混合も可能であり、本機の利用効果は大きいものと推察される。

なお、本機についても写真5、6に示したように実用化され、米麦中心のオペレータ組織に導入された。本機の特徴である自脱型コンバインの脱穀部とロールベール用アタッチメントの相互積み替え作業は、ロールベール用アタッチメントについては4本のボルトにより比較的容易に脱着が可能であるが、脱穀部等の脱着はこぎ胴部、グレタンク部、カッタ部等の各パーツに分離されており、今後、アタッチメントとして脱穀部等の脱着を容易に行うためには、コンバインメーカーとの協力により、一体構造とすることが必要である。また、本機を効率的に利用し耕種農家によるロールベール流通体系を確立するためには、軟弱圃場を対象としたベールラップの開発や密封後のハンドリング方法について検討することが必要である。

要 約

排水不良田を利用した稲ホールクロップサイレージの生産流通体系を確立するため、自脱型コンバインを利用した稲ホールクロップ用カッティングロールベールを開発した。

1. 開発したロールベールは自脱型コンバインの刈取部・搬送部、走行部、操作部をそのまま利用し、脱穀部等の代わりにディスク型カッタ、ベールチャンバ部等のロールベール用アタッチメントを搭載したものであり、自脱型コンバインの脱穀部との相互



写真 5. 脱穀部等を取り外した自脱型コンバイン

注) 脱穀部等はこぎ胴部、グレンタンク部、排藁処理用カッタ部である。



写真 6. 稲ホールクロップ用カッティングロールベアラ（実用機）

積み替えが可能な汎用型ロールペーラである。また前節のホールクropp用アタッチメントとの積み替えも可能であり、流通形態に合わせて固定サイロの利用やコンテナサイロの流通、さらにロールペールとしての流通もできる。従って耕種農家が畜産農家にホールクropp用稲を流通する場合、各流通形態によりアタッチメントを選択できるようになった。

2. 本機の切断機構はペールチャンバ前部に装着したディスク型カッタにより行い、切断刃間隔を14cmと7cmで梱包性能を調査した結果、平均切断長8.6cm（切断刃間隔：7cm）でもロール成形は可能であり、切断長を短くすることにより、梱包密度は向上したが、ロール成形ロスが増加した。

3. 自脱型コンバインの刈取部、搬送部をそのまま利用しているため、ロール内の品質に不均一が生じた。この対策としてディスク型カッタの下部にビータを装着したが、十分な効果は認められなかった。

4. 本機の作業能率は9.9a/hであるが、本機の作業行程は軟弱圃場を対象としていることから、成形したロールはロールペーラが圃場外まで移動し排出させるため、圃場内移動時間が全作業時間の48%を占め、圃場効率が低い原因となった。

第3節 テーブルリフト付き自走式ベールラップおよび ティラ用ロールベールハンドリング機器の開発

緒言

1980年代の後半からロールベールをストレッチフィルムで密封してサイレージ化するベールラップが導入され、省力的かつ高能率なロールベールサイレージ体系が急速に普及しつつある。前節においては、流通形態をロールベールサイレージとすることを前提に、耕種農家がホールクロップ稲を収穫調製するための稲ホールクロップ用カッティングロールベアラを開発し、このロールベールの密封作業には定置式ベールラップを使用した。また現在開発されているベールラップは定置式の他に圃場内で密封作業を行うためのけん引式のベールラップがある。この牽引式ベールラップではロールベアラが圃場内に排出したロールを抱え込み方式やすくい上げ方式でベールラップ上に積み込む方式が一般的である^{3,7)}。しかし、ホールクロップ用稲をロールベールサイレージとして調製する場合、収穫期にベールラップを装着した大型機械の導入が可能な圃場条件に管理できることが必要となり、軟弱圃場の場合ではベールラップをけん引した場合の走行性や一度ロールベアラが圃場内にロールを排出することは、ロール表面の濡れや土砂の混入を招き、良質サイレージ調製が困難になる。そこで、前節の作業体系のようにロールベアラが圃場内を移動し、農道等にロールを排出させる必要があり、ロールベアラの圃場効率が著しく低くなるとともに、再度ロールを移動させることにより荷崩れによるロスも大きくなる。

そこで本節では、前節で開発した稲ホールクロップ用カッティングロールベアラと組作業を行うためのベールラップを開発^{10,11)}するとともに、さらにストレッチフィルムで被覆後のロールベールを簡易に移動させるハンドリング機器を開発し検討した。

材料および方法

1. ホールクロップ用稲の栽培

試作機の性能試験を行うために、10a区画圃場(10m×100m)において中生種のヤマヒカリを第1章の栽培法に準じて栽培した。なお、本試験でのホールクロップ用

稲の生育・収量は表19のとおり、生草収量 270kg/a、乾物収量 110kg/a であった。

2. 供試ロールベアラ

前節で開発した稲ホールクロップ用カッティングロールベアラ（試作機）を用いて、ホールクロップ用稲の刈取り、梱包作業を行った。

3. ベールラッパ、ロールベールハンドリング機器の設計目標

軟弱圃場を対象としたベールラッパの開発と大型トラクタを用いずにロールの移動を行うためのロールベールハンドリング機器の開発に先立って、主な設計目標を次のとおり設定した。

(1)ベールラッパ

- ①走行装置にはゴム履帯を利用した自走式ベールラッパとすること。
- ②ロールベアラから排出されたロールを圃場内に落とさずにベールラッパ上に積み込むことが可能なこと。
- ③ストレッチフィルム巻き付け後のロールも圃場内に落とさずにトラック等の運搬車に容易に積み込むことが可能なこと。

(2)ロールベールハンドリング機器

- ①対象ベール寸法は直径900 ～1,000mm、幅 1,000mm以内とする。
- ②ロールベールの積載および運搬時にストレッチフィルムを破損させないこと。
- ③ロール積載後、移動が容易なこと。
- ④大型トラクタを用いずに、ティラけん引式とすること。

4. 試作機の性能評価

(1)ベールラッパ

試作ベールラッパの作業性能を評価するにあたり、前節の稲ホールクロップ用カッティングロールベアラと組作業を行った場合のベールラッパの行程別作業時間、ロールベアラの作業能率、ロールの移動にともなうフィルムの破損状況、発酵品質を調査した。なお発酵品質についてはロールベールをバックサイロ（0.1m m のビニールダクトを利用）でサイレージ調製したものと比較した。なお発酵品質の分析は第1章のとおり行った。

(2)ロールベールハンドリング機器

表19. ホールクロップ用稲の生育・収量調査結果

品種	熟期	稈長 cm	穂長 cm	生草収量 kg/a	乾物率 %	乾物収量 kg/a
ヤマヒカリ	黄熟期	72.6	17.3	260.6	40.1	104.6

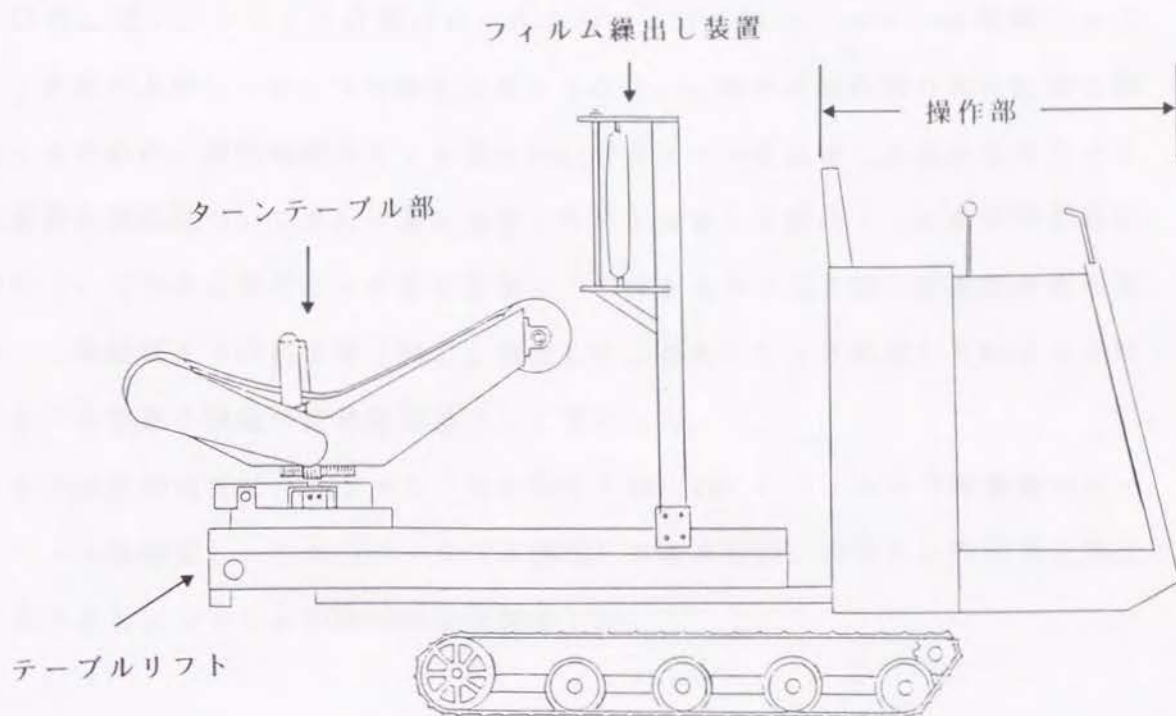


図 8 . テーブルリフト付き自走式ベールラップの概要図

表20. 自走式ベールラップの主要緒元

全 長 (mm)	2,400
全 幅 (mm)	1,700
全 高 (mm)	1,750
機体質量 (kg)	940
エンジン出力 (kW/rpm)	8.5/2,750
変速方式	H S T
走行装置	ゴム履帯
適応ベール寸法 (mm)	φ900×900
最大リフト量 (mm)	1,100
ベール積込み方式	バケット型リフトアーム

試作したハンドリング機器はロールを持ち上げる際に、ロールの質量によりヒッチ部が上昇し、ティラの横転が考えられる。このため試作機の安全性等を調査するために、試作機側のヒッチ部に60kgのウェイトを装着した場合とウェイト無装着の場合について重心位置を測定した。なお重心位置はアーム最長時と最短時について空車状態でヒッチ部を懸垂し、車体が水平となる時の懸垂部垂直荷重、アーム先端部までの長さ等を測定し算出した。また、ヒッチ荷重が0kgとなる時のロール質量を理論可能積載質量として算出した。

作業性能の調査は、トラック（荷台高さ：105 cm）にフィルムで被覆後のロールベールを積載し、これらロール（6 梱包）の積載時間、荷降ろし時間等を調査するとともにフィルムの破損状況を調査した。

結果および考察

1. テーブルリフト付き自走式ベールラップの開発

試作したベールラップの概要は図8および表20に示したように、軟弱圃場でも作業が可能のように走行装置にはゴム履帯を利用した自走式のベールラップであり、車体フレーム上にターンテーブル式ベールラップのターンテーブル部とフィルム繰り出し装置を搭載したものである。なお、ターンテーブル部の下部にはテーブルリフトを装着した。また車体側部にはロールベール積み込み用のバケット型リフトアームを取り付けた。

本機は前節の稲ホークロップ用カッティングロールベアラと組作業を行うことを前提に開発したものであり、ロールベアラから排出されたロールは圃場に落とすことなく受渡しを行う必要がある。現在開発されているベールラップのロールの積み込み方式は、リフトアームでロールを横からすくい上げる方式³⁷⁾ やリフトアームと垂直に立てた駆動ローラでロールを挟持して引き上げる方式³⁷⁾ などがあるが、いずれの機構についてもロールベアラが一度圃場内にロールを排出し、その後ベールラップが走行しながらロールを積み込む方式である。従ってこのような機構では軟弱圃場で作業を行う場合、はロール表面の濡れや土砂の混入を招く恐れが多い。本機は前述のようにベールの積み込み方式はバケット型リフトアームで行い、図9に示したように

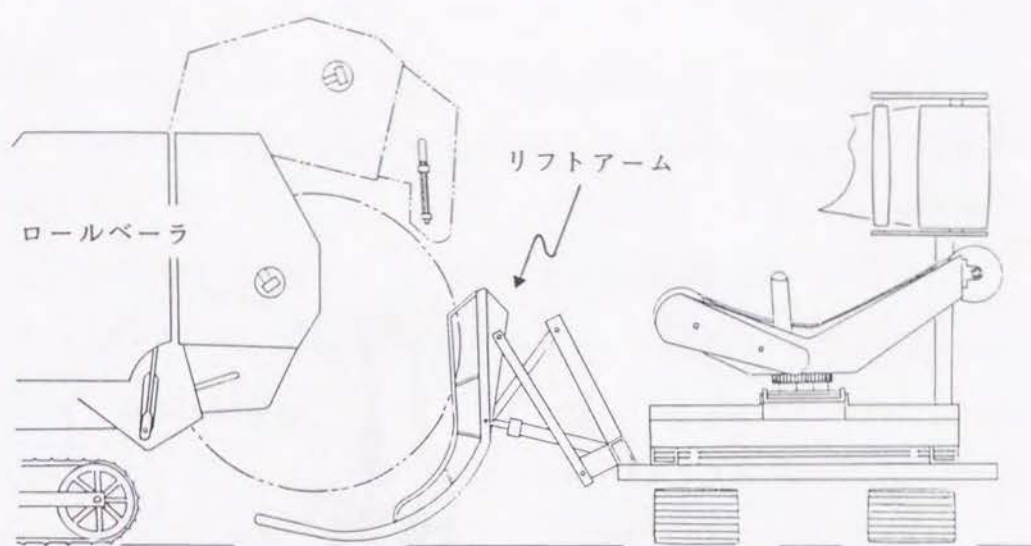


図9. ロールペーラからのペールラッパへのロールの受渡し方式

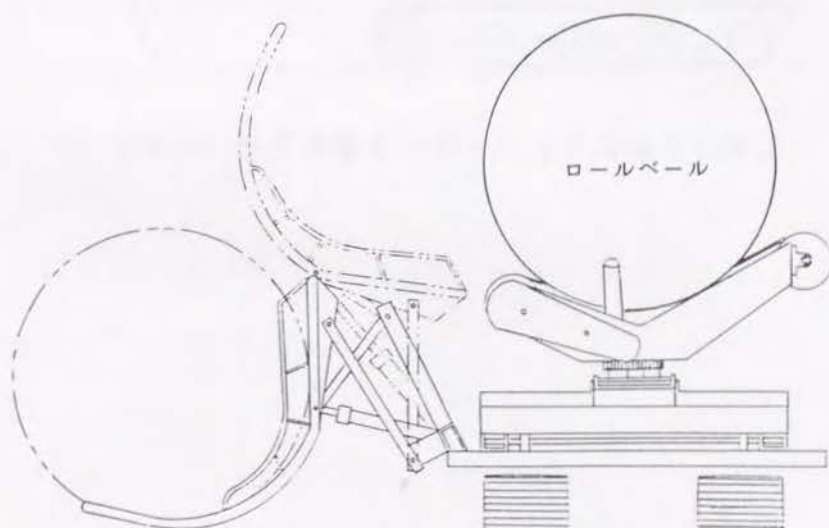


図10. ターンテーブル部へのロールの積み込み方式

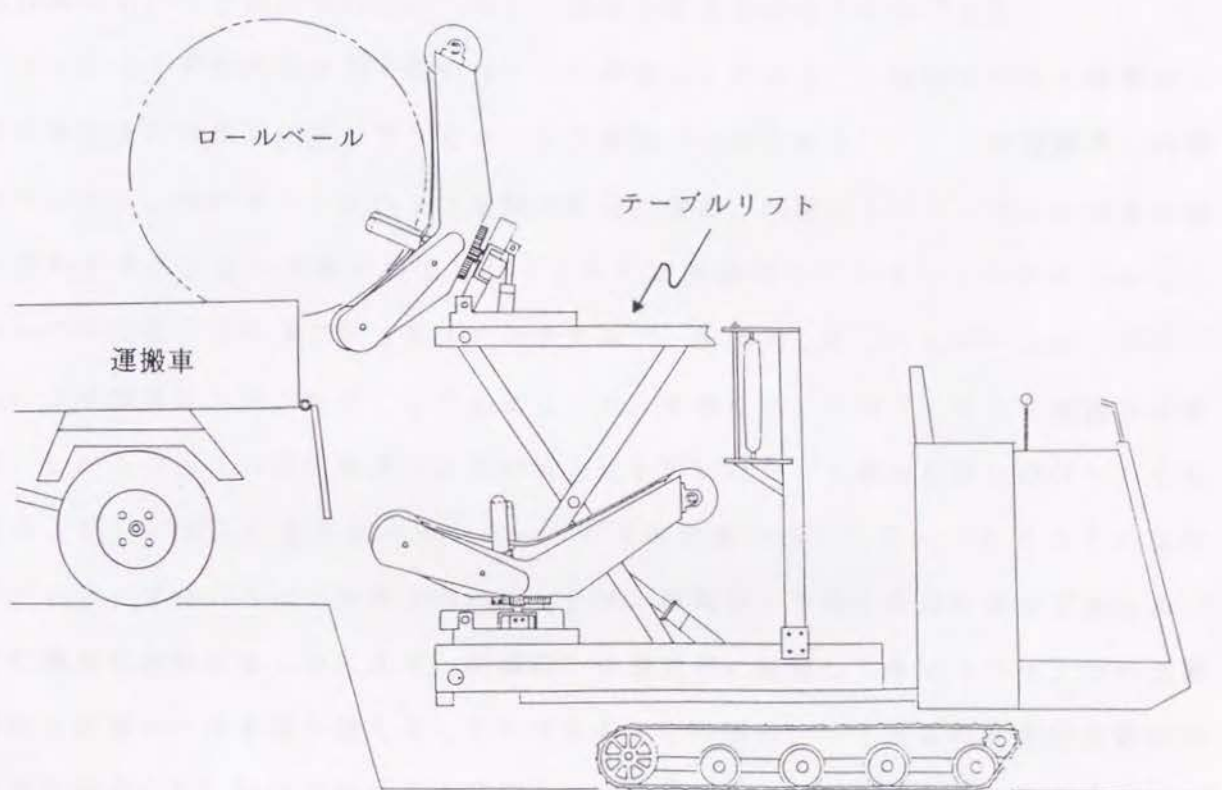


図11. ベールラップから運搬車へのロールの荷降ろし方式

ロールベアラから排出したロールを圃場に落とすことなく直接受渡しを行い、図10のようにターンテーブル上に載せることができる。この方式によりロールの受渡し作業において、土砂の混入等は全く認められなかった。またリフトアーム上にロールを載せた場合の車体が傾くロール質量を測定した。この場合、片側のゴム履帯が浮上するロール質量は 250kgであり、ホールクロップ用稲の梱包質量は 150kg前後のため、この作業において本機の横転は認められず安全に作業を行うことができた。

フィルムで密封処理が完了後のロールの荷降ろし作業は、一般的にベルト駆動ローラが後方または側方にダンプしてロールを圃場内へ放出する^{3.7)}。この荷降ろし作業についても、特にホールクロップ用稲の収穫の場合、切株によりフィルムの損傷を招く恐れがある。また圃場へ放出したフィルム被覆後のロールはトラクタのフロントローダへ装着する専用アタッチメントや本田^{2.0)}が開発したロールベールロードワゴンにより圃場外へ運び出すことが必要となる。本機についてはフィルムを破損させずに、しかもロールの圃場外搬出作業の省力化を目的にリフト機構を取り付けた。すなわち、図11に示したようにターンテーブル下部に取り付けたテーブルリフトによりターンテーブルごとロールを上部に持ち上げ、駆動ローラ部を後方にダンプさせる。この機構を利用することにより、圃場内から農道等に駐車してあるトラック等の運搬車にも直接ロールを積み替えることができる。この場合、フィルムの巻き付け数については松本ら^{6.0)}は保存性から4層巻きが良質サイレージ調製ができると報告しており、本作業においても50%重ね、4層巻きで実施したが、ロールの積み替え作業においてフィルムの破損は全く認められなかった。

試作ベールラップの密封作業についての調査は、10a区画圃場においてロールベアラが刈取り、梱包作業を行っている間にベールラップがロールベアラ後部に移動し、ロールの受渡しを行う(写真7)。次に密封終了後は、ベールラップが一方方向の農道に移動し駐車中のトラックにロールの積み替え作業を行う。この場合のロールの積み込みから運搬車への荷降ろしまでの行程別作業時間を表21に示した。このような作業行程で行った場合、ロールベアラからのロールの受渡しから密封作業、さらに圃場外への搬出作業の全てを行い、1時間当たり21.8個を処理することができる。また表22には自走式ベールラップと組作業を行った場合の稲ホールクロップ用カッティング



写真7. ラップサイレージ調製のためのロールペーラとの組作業

注) 左側は稲ホールクロップ用カッティングロールペーラ（試作機）である。

表21. 自走式ベールラッパの行程別作業時間

(1ロール当たり)

項 目	往路	ロール搭載	ラッピング	復路	ロール荷降ろし	作業能率 (個/h)
平均 (s)	27.7	30.3	53.8	(52.0)	53.0	21.8
標準偏差	11.8	5.7	5.7	(16.7)	9.6	

注) 往路：ロールベアラ後部に近寄る時間である。

ロール搭載：フィルムのセット時間を含む。

復路：ロール受け渡し位置から農道のトラックに荷降ろしできる位置までの移動時間であり、復路走行中にラッピング処理を行う。

ロール荷降ろし：フィルム切断後、リフトアップしてトラックへ積み込みまでの時間である。

表22. 稲ホールクropp用カッティングロールベアラの作業能率

作業幅 m	理論作業量 a/h	作業時間の内訳 (%)					圃場作業量 a/h	圃場効率 %	組人員 人
		刈取・梱包	旋 回	移動	停止	結束			
140.0	27.7	58.6	10.2	9.5	21.6	(31.2)	18.6	67.1	2

注) 自走式ベールラッパとの組作業を行った場合の調査結果で、組人員の1人はベールラッパを操作する。
また、結束は圃場内移動、停止（待ち時間）の間で行う。

ロールベアラの作業能率を示した。前節のロールベアラの作業能率と比較すると（表15）、圃場内移動時間が短くなり、圃場効率は著しく向上した。これは、ロールベアラと自走式ベールラップが同時に圃場内で作業を行うことにより、連続的作業ができるためである。しかし、結束時間が全作業の31.2%を占め、今後ロールベアラの作業能率をさらに向上させるためには、ダブルトワイン方式やネット方式により結束時間の短縮を図ることが必要である。しかし、本体系ではロールベールサイレージ調製が連続的に行うことができ、ベールの密封遅延による発熱等による品質の劣化も防げるものと推察される。またロールの荷降ろし作業のためにリフト機能を装着したことにより、従来のロールラップ体系と比較しても、ロール積み込み用作業機や作業人員が不要となる。

本体系におけるラップサイレージとロールベールをバッグサイロとしてサイレージ調製した場合の発酵品質を表23に示した。なお、ラップサイレージとしてロールベールをストレッチフィルムで密封する場合、フィルムを4層巻とすれば良質サイレージ調製が可能であると報告^(11, 60)されており、本体系でも4層巻を基本とした。ラップサイレージおよびロールバッグサイレージは、ともに稲ホルクロップサイレージを細断してサイレージ調製を行った場合の発酵品質に関する他の報告^(12, 15, 18, 109)よりも、pHが高く、乳酸を含めた有機酸生成量が少ない傾向にあった。杉本ら⁽⁸⁴⁾はロールベールサイレージはpHが高く、乳酸生成量が少ないのが特徴であると指摘しており、本試験においても同様な結果であった。またバッグ方式とラップ方式の比較ではラップサイレージは酪酸が認められず、フリーク評点では有意に高得点となった。糸川ら⁽³⁶⁾はロールベールに梱包した後、12時間を越えて密封すると内部温度が上昇し、品質の劣化を招くと報告しており、杉本ら⁽⁸⁴⁾も早期密封を原則としている。本体系のラップ方式ではロールベアラから排出されたロールは連続的に直ちに密封処理を行うことができ、またロールを圃場内に落とさないため土砂の混入もないことが良質サイレージ調製につながったものと考えられる。

2. ロールベールハンドリング機器の開発

前述の自走式ベールラップの開発により、ホルクロップ用稲を梱包し、圃場内で密封処理を行い、トラック等の運搬車へ積み込むまでの機械体系を確立した。さらに、

表23. 稲ロールベールサイレージの発酵品質

項 目	水分 %	p H	有機酸組成		現物中%		フリーク * 評点
			酢 酸	酪 酸	乳 酸	総 酸	
ロールラップサイロ	59.3	5.38	0.135	0	0.435	0.570	95
ロールバッグサイロ	60.5	5.25	0.254	0.019	0.477	0.750	59

注) * : $P < 0.05$

ラップサイロ : 自走式ベールラップで密封 (50%重ね、4層巻) したもの。

バッグサイロ : 0.1mmのビニールダクトで密封したもの。

その後の作業としては運搬車からロールを降ろし、保管場所まで移動させることが必要である。一般的にトラックやトレーラ等へのロールの積み込み、荷降ろし作業にはフォークリフトを用いたり、トラクタのフロントローダ用のハンドリング機器としてローラ式やグリップ式の専用アタッチで行われている²⁰⁾。またトラック積載式、トラクタけん引式のロールベールワゴン等の各種ロールベール運搬装置が開発されつつあり、本田²⁰⁾は圃場に分散したストレッチフィルム被覆後のロールベールの運搬も可能なロールベールロードワゴンを開発した。しかし、これらのハンドリング機器は大型トラクタが必要であったり、専用の運搬車であり、従って軟弱圃場や耕種農家を対象とした稲ホークロップサイレージの流通には不向きな点が多い。そこで運搬車からの荷降ろし、保管場所までの運搬作業を中心とした簡易なハンドリング機器を開発した。

試作したロールベールハンドリング機器の概要は図12および表24に示したように、ティラけん引式であり、リフトアームを油圧により昇降させ、さらにアーム先端のグリップ部でロールを固定しロールの積み込み、荷降ろし作業を行うとともに、グリップ部でロールを荷台に固定しながら運搬ができる機構とした。本機を用いたトラックからの荷降ろし作業は図13に示したように、まずトラック後部に後方から近寄り、リフトアームを上昇させる。次にグリップ部でロールを固定し、さらにアームを上昇させてロールベールをトラックから離す。その後、図14のようにロールを固定したままリフトアームを折りたたみ、荷台に積載して運搬する。この場合、ヒッチ部の上昇により、ティラの横転が考えられる。この対策として試作機のヒッチ部に60kgのウエイトを装着した場合とウエイト無装着の場合の重心位置をアーム最長状態および折りたたみ状態で測定し、ヒッチ荷重が0kgとなる時の梱包質量を理論可能梱包質量として算出した(表25)。ヒッチ部に最も上向きの力がかかる状態はアームが最長状態の時であり、ウエイト無装着の場合、重心位置は車軸付近(車軸からヒッチ部方向へ180mm)にあるが、60kgのウエイトをヒッチ部に装着することにより、重心位置は車軸から前方へ433mmの位置に移動した。この場合の理論可能梱包質量は147kgとなり、稲ホークロップのロールベールの質量は150kg前後であり、60kg程度のウエイトを装着し、さらにティラの機体質量を考慮すると稲ロールベールの積み降ろし作業は安

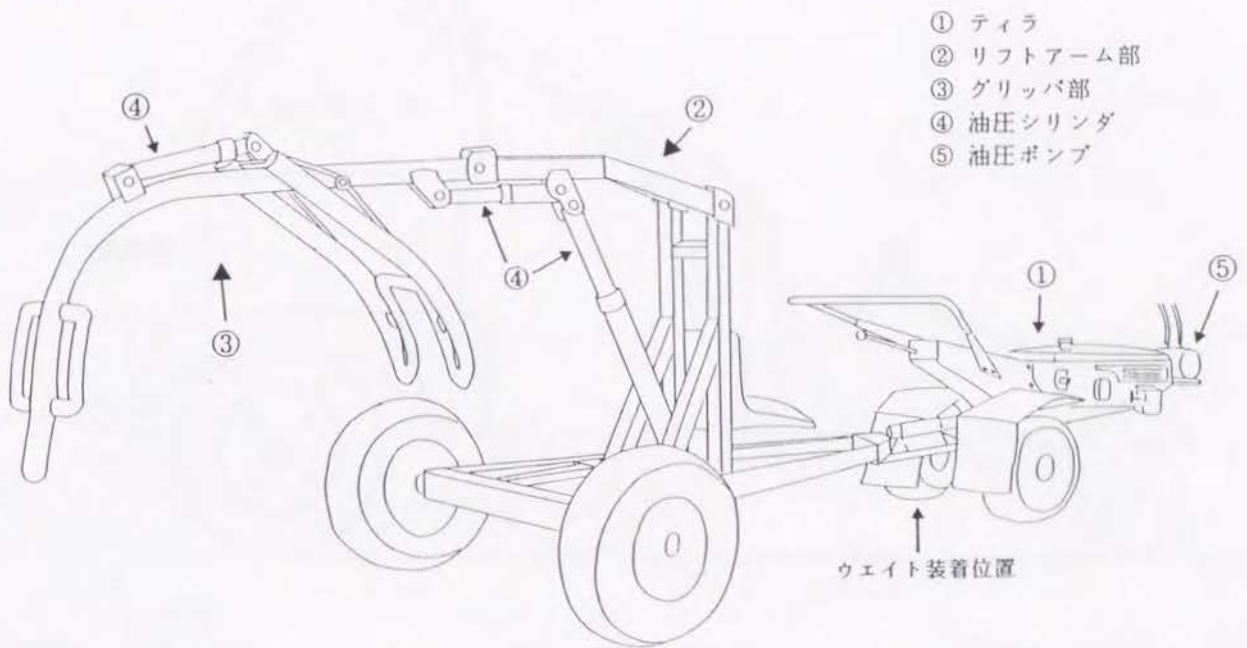


図12. ティラ用ロールボールハンドリング機器の概要図

表24. ティラ用ロールボールハンドリング機器の主要緒元

空車時機体質量 (kg)	245
全 幅 (mm)	1,600
全 長 (mm)	2,600~3,700
全 高 (mm)	1,300~2,500
運搬個数 (個)	1
適応ボール寸法 (mm)	$\phi 900 \sim 1,000 \times 900 \sim 1,000$

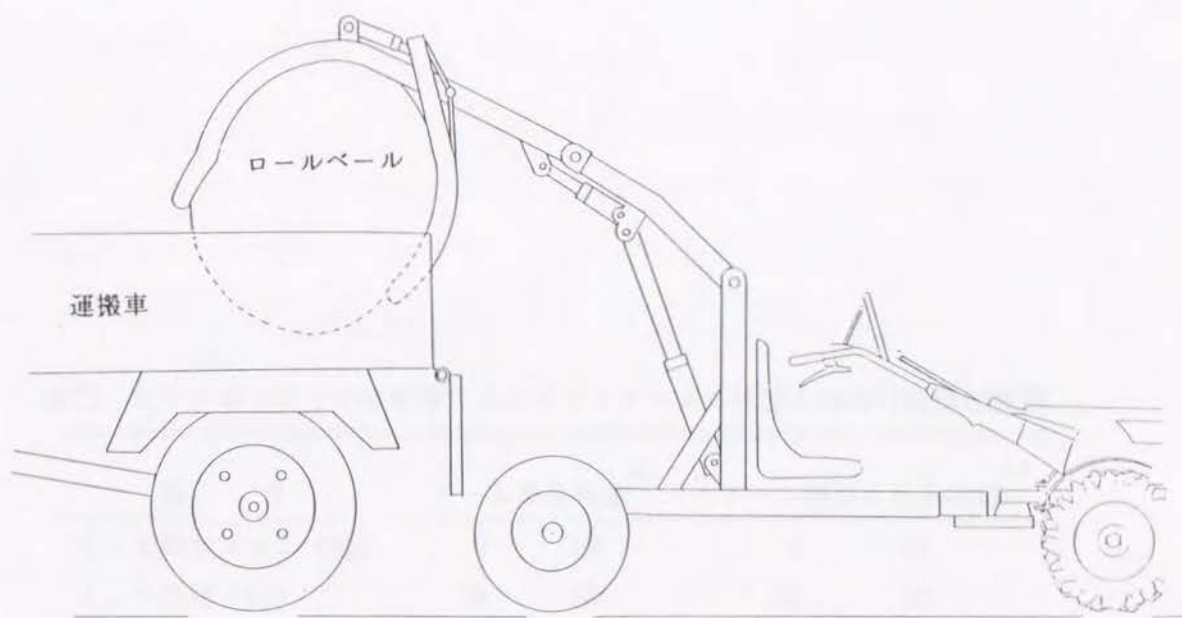


図13. ロールペールハンドリング機器による運搬車からのロールの荷降ろし方式

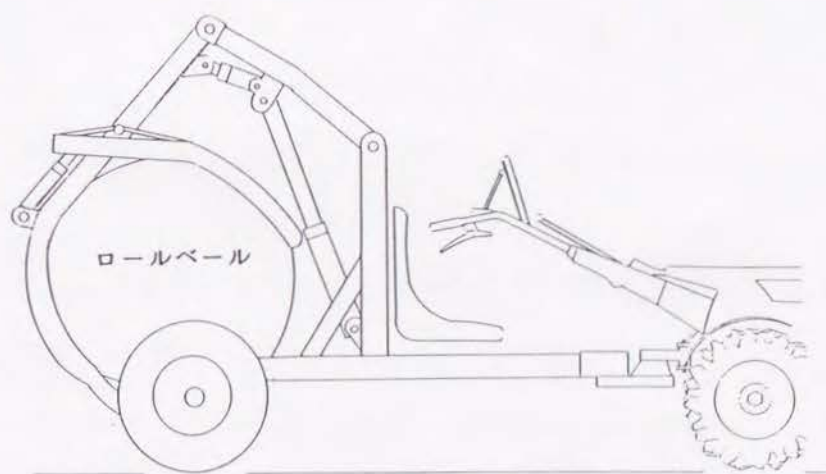


図14. ロールペールハンドリング機器によるロールの運搬方式

表25. ヒッチ部ウエイトの有無によるリフトアームの状態と理論可能梱包質量

項 目	アーム最長状態 ^{a)}		アーム折りたたみ状態 ^{b)}	
	0	60	0	60
ヒッチ部ウエイト (kg)	0	60	0	60
ヒッチ荷重 (kg)	20	60	36	80
重心位置 ^{c)} (mm)	180	433	323	577
理論可能梱包質量 ^{d)} (kg)	49	147	198	440

- a) ロールの積み込み、荷下ろし時のアームの状態である。
- b) ロールの運搬時のアームの状態である。
- c) 重心位置は車軸からヒッチ部方向への距離である。
- d) 理論可能梱包質量はヒッチ荷重が0 kgとなる時の梱包質量である。

全に行うことができるものと推察される。

この試作機を供試して、トラック（荷台高さ：105 cm）からフィルムで被覆したロールの荷降ろしを行い（写真8）、20m離れた保管場所まで移動する場合の作業能率を測定した（表26）。本調査においては運搬経路を未舗装の悪路区間で実施したが、走行中にロールが移動することなく作業を行うことができた。これはリフトアームでロールを荷台に固定しながら走行するためであり、各作業においてフィルムの破損は全く認められず、この場合の作業能率は1時間当たり45.5個をトラックから降ろし、保管場所まで移動させることができた。

要 約

軟弱圃場内でのロールベールサイレージ調製のため、自走式ベールラッパを開発し、さらにフィルムで被覆したロールベールを保管場所まで運搬するためのティラ用ロールベールハンドリング機器を開発した。

1. 開発した自走式ベールラッパはロールベールから直接梱包を受け取るため、車体側部にバケット型リフトアームを取り付けた。またロールの荷降ろし作業には圃場内にフィルム被覆のロールを落とさずに行うため、ターンテーブル下部にテーブルリフトを装着した。前節のカッティングロールベールと組作業を行った場合の本機の作業能率は21.8個/hであり、ロールの受渡しから密封、さらに荷降ろし作業において、土砂の混入、フィルムの破損は全く認められず、連続的に圃場内でサイレージ調製が可能となった。

2. トラック等の運搬車により輸送されてきたロールの荷降ろし作業と保管場所までの運搬作業を行うため、ティラけん引式のロールベールハンドリング機器を開発した。本機はグリップ型リフトアームによりロールを固定して荷降ろし、運搬作業を行う機構であり、20m離れた保管場所までロールを移動させる場合の作業能率は45.5個/hであった。また、これら作業においてフィルムの破損は全く認められず、安全に作業を行うことができた。



写真 8. ロールベールハンドリング機器によるロールの荷降ろし作業

表26. ロール移動作業能率

項 目	使用ロール			停止積載時間 s	走行時間 s	荷降ろし時間 s	作業能率 個/h
	質量 kg	径 cm	幅 cm				
平 均	153.8	91.2	87.0	31.7	32.4	15.0	45.5
標準偏差	3.8	1.1	0.8	1.8	3.6	0.9	

注) 停止積載時間：トラック上のロールを固定し、発進状態になるまでの時間である。

走行時間：走行開始から20m離れた距離まで移動し、方向転換し荷降ろし状態までの時間である。

第3章 稲ホールクロップサイレージの流通化のための総合品質評価法

緒言

前章において、耕種農家を中心とした米麦の作業受託組織がホールクロップ用稲を栽培し、これをサイレージとして畜産農家に流通するための一連の作業機械の開発を行った。特にホールクロップ用稲をロールベールサイレージとして収穫・調製するための稲ホールクロップ用カッティングロールベアラ、自走式ベールラッパ、ティラ用ロールベールハンドリング機器の開発により、軟弱圃場でホールクロップ用稲の良質サイレージ調製を連続的に行うことができるとともに、省力的流通体系が確立できた。

ここで、実際に耕種農家が調製した稲ホールクロップサイレージを畜産農家に流通させるためには、サイレージ品質を栄養面と発酵面から適正に評価し等級化することが必要である。そこで本章では、まず栄養面での迅速な評価のため、未乾燥試料を用いた場合のNIRS利用による評価法を確立し¹⁰⁴⁾、また発酵面での品質評価のためサイレージ抽出液を用いたNIRSの利用について検討した¹⁰³⁾。さらに最終的に稲ホールクロップサイレージの等級化を目的にAHP手法による栄養価と発酵品質を合わせた総合品質評価法について検討した。

材料および方法

1. 供試材料草と試料の前処理

三重県農業技術センターおよび県内で生産された稲ホールクロップサイレージ60点について、生サイレージをドライアイスとともにマルチブレンダーミルで凍結粉碎後、栄養価測定のための未乾燥試料とした。なお、使用したブレンダーミルのカップ容量は700mlであり、カップ中央部に生サイレージがくるようにドライアイスで上下に挟み、粉碎時間と粉碎粒度の均一性についてNIRSの吸光度から検討した。次に、この未乾燥試料50gに蒸留水100mlを加え、5℃で12時間冷蔵庫内で静置した後ろ過し、得られたろ液を発酵品質測定のための供試抽出液とした。

2. 分析機器

使用した近赤外分光分析計はブランルーベ社のInfra Alyzer 500型で、未乾燥試料

の測定には高水分試料測定用のオープンカップを用い、抽出液の測定には20℃に抽出液が保たれる循環水型液体ドロア（ワインセル）を用いて1,100nm～2,500nmの間を2nm間隔で近赤外スペクトルを求めた。

3. 分析項目と分析方法

1) 化学分析

(1) 栄養価

栄養価の分析項目は一般成分分析法から水分、粗蛋白質（Crude protein : CP）、粗脂肪（Ether extract : EE）、粗灰分（Crude ash : ASH）、粗繊維（Crude fiber : CFi）の5項目と酸性デタージェント繊維（Acid detergent fiber : ADF）および酵素分析法で得られる細胞内容物（Organic cellular contents : OCC）、細胞壁物質（Organic cell wall : OCW）、低消化性繊維（Organic b fraction : Ob）の3項目とした。試料の分析方法としては未乾燥試料の光学データを取った後、直ちに乾燥法により水分を測定し、残りの試料は48時間乾燥後、一般成分は常法で求め、ADFはデタージェント法の灰分補正する方法¹⁾で求めた。また酵素分析では阿部¹⁾の方法によりOCC、OCW、Obの定量を行った。

(2) 発酵品質

発酵品質の分析項目は、pH、乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸以上のVF A、揮発性塩基態窒素（Volatile basic nitrogen : VBN）、全窒素（Total nitrogen : TN）とした。分析方法としてはpHはpHメータ、有機酸はBTB発色法による高速液体クロマトグラフ法²⁾、VBNは水蒸気蒸留法、TNはケルダール法で求めた。なお、個々に定量された有機酸のうち、酢酸+プロピオン酸（C2+C3）、酪酸以上のVF A（C4+）を算出した。これは、個々に定量した有機酸をフリーク法に当てはめる場合、C2+C3はフリークの蒸留法で定量される酢酸の値に、C4+は酪酸の値と一致することが確認されているためである^{7,8)}。

また稲ホールクロップサイレージの発酵品質を評価するため、これらの分析値より日本で最も利用されている有機酸組成を用いた従来のフリーク評点と飼料の変質に重点をおいて柗木^{5,8)}が提案したV-Scoreによる評点を算出し比較した。

2) NIRSによる分析

(1) キャリブレーション

N I R Sによる検量線 (Calibration : キャリブレーション) は40点の試料を用いて、2波長から7波長までの変数増加型の重回帰分析を行い、標準誤差 (S E) が小さく、重相関係数 (R) とF値が最も大きくなる重回帰式を選択した。キャリブレーションした項目は栄養価では化学分析を行った全項目 (9成分) とし、発酵品質では酢酸、酪酸 (C4+)、酢酸+プロピオン酸 (C2+C3)、総VFAおよび全窒素とした。なお、全窒素については未乾燥試料を用いてキャリブレーションを行った。

(2) プレディクション

有効性の検証 (Prediction : プレディクション) のために、化学分析値が分かっているプレディクション用試料20点を用意し、キャリブレーションで得られた式による推定値との関係を調べた。なお、キャリブレーション用試料とプレディクション用試料の分類は60点の試料の化学分析値全体の分布を調べておき、両試料群に偏りがないように均等に分類しておいた。また、推定精度の表示法には推定誤差の標準偏差 (Standard deviation of prediction : S D P)、推定誤差の平均値 (bias) の他、水野ら⁶⁶⁾による推定精度の評価指数 (Evaluation index : E I) を適用した。なお、ここで表示したS D Pはバイアス補正後の予測標準誤差を示し³⁹⁾、Melchingerら⁶¹⁾の示すS E P (Standard error of prediction) と同様の内容であり、各推定精度の表示法の算出式は以下のとおりである。

$$S D P = \sqrt{\frac{\sum \{ (x - y) - \sum (x - y) / n \}^2}{n - 1}}$$

$$b i a s = \sum (x - y) / n$$

$$E I = \frac{2 \times S D P}{R a n g e} \times 100 (\%)$$

ここでは、x : N I R S推定値、y : 化学分析値、n : 試料数、Range : 試料の化学分析値の分布範囲を示す。

4. A H P (Analytic Hierarchy Process : 階層化意思決定法) 手法による総合品質評価法

稲ホールクロップサイレージの栄養価に関する項目 (T D N、C P、C F i) と発

酵品質に関する項目（VBN/TN、酢酸、酪酸）を用いて階層図を作成し、各項目の重要度を数値的に表すことを目的に、飼料、酪農、肉牛に関わる研究関係者各1名と普及関係者1名の計4名によるAHPアンケート調査³⁴⁾を実施し解析した^{34), 35)}。さらに、この重要度をもとに評価基準を策定した。

結 果

1. N I R S による栄養成分の推定

N I R S で粗飼料の成分分析を行う場合、通常前処理として乾燥・粉碎を行うことが必要であるが、本試験では加熱乾燥による成分の変成を防ぎ、前処理時間を短縮する目的で、未乾燥サイレージを直接測定する方法について検討した。この場合、試料の均一化が重要な問題となる⁴⁹⁾。このため、ブレンダーミルによる粉碎時間と均一性についてN I R S の光学データから検討した。表27に粉碎時間が波長1680nmおよび2230nmでの試料を詰めたオープンカップの回転による吸光度の変動に及ぼす影響を示した。なお、1680nmおよび2230nmは干渉フィルタ型N I R S の補償バンドとして用いられている波長であり、特に成分含量に影響されにくい波長とされている³⁸⁾。この2波長における吸光度の変動係数は未乾燥サイレージをブレンダーミルで直接粉碎した試料では、乾燥後に粉碎した試料ほど小さくはならないものの、両波長とも3分以上で比較的小さい値となった。従って、以降の未乾燥試料の粉碎時間は安全性を考慮して5分間に設定した。

各成分におけるキャリブレーションの成績は表28に示したように、いずれも重相関係数、F 値とも高い値であり良好な結果であった。このF 値は回帰による変動を回帰からの変動（回帰によって説明できない誤差）で除した値であり³⁴⁾、回帰式の説明力の高さを示しており、回帰式を選択する場合の最終的統計量とされている³⁷⁾。今回作成したキャリブレーションの中でも、特に水分はF 値が非常に高く良好なキャリブレーションであることが示された。次にキャリブレーションで得られた回帰式を用いて、プレディクションを行った結果を表29に示した。これによると各成分ともS D P、B i a sともに小さく、N I R S での推定値と実際の化学分析値との関係を示した相関図（図15-23：斜線は $y = x$ の直線を示す）からみても、N I R S 推定値が化

表27. 未乾燥試料の粉砕時間と粉砕状態の指標としての吸光度

粉砕時間	1680nmの吸光度		2230nmの吸光度	
	平均	変動係数	平均	変動係数
1分間 ^{a)}	0.65263	0.46	1.06475	0.38
3分間 ^{a)}	0.66839	0.12	1.06119	0.10
5分間 ^{a)}	0.66791	0.15	1.06105	0.08
7分間 ^{a)}	0.66866	0.13	1.06115	0.10
乾燥・粉砕試料 ^{b)}	0.18632	0.06	0.32124	0.06

a) オープンカップに試料を詰め、水平方向に90° ずつ回転させて4回測定した。

b) 試料を通風乾燥後ワイレー型ミルで粉砕し、さらにサイクロンミルを用いて0.5mmメッシュを通して粉砕した後、クロズドカップに詰めて同様に4回測定した。

表28. 栄養成分のキャリブレーション結果

栄養成分	サンプル数	平均値 ^{a)}	重相関係数	SEC ^{b)}	F値	採用波長
水分	40	66.03	0.992	1.003	1231	1580, 1572, 1292, 1200
C P	40	2.39	0.957	0.212	270	2492, 2344, 1448
E E	40	0.82	0.965	0.066	254	1680, 1716, 2136, 1328
A s h	40	2.95	0.963	0.302	182	1224, 1244, 1196, 1880, 1416
C F i	40	8.14	0.958	0.327	285	2216, 2236, 1144
A D F	40	11.54	0.949	0.577	171	2216, 2232, 2412, 2496
O C W	40	17.85	0.941	0.943	194	2268, 2284, 1784
O C C	40	13.68	0.988	1.097	777	2324, 2348, 1352, 1984
O b	40	15.75	0.963	0.732	184	2256, 2276, 1556, 2272, 2284

a) 化学分析値の平均値である。

b) 標準誤差 (standard error of calibration) である。

表29. 栄 養 成 分 の プ レ デ ィ ク シ ョ ン 結 果

栄養成分	サンプル数	化学分析値		$r^{a)}$	SDP ^{b)}	Bias	EI ^{c)}	ランク ^{d)}
		平均値	レンジ					
水 分	20	66.07	76.69-47.47	0.99	1.04	0.33	7.1	A
C P	20	2.33	3.90- 1.14	0.97	0.18	0.00	12.9	B
E E	20	0.90	1.48- 0.51	0.96	0.09	-0.03	17.7	B
A s h	20	2.80	4.64- 1.30	0.92	0.42	0.01	24.9	B
C F i	20	8.29	9.93- 6.58	0.94	0.33	-0.13	20.0	B
A D F	20	11.63	14.64- 8.95	0.94	0.58	-0.06	20.2	B
O C W	20	17.92	22.52-13.47	0.97	0.71	0.23	15.7	B
O C C	20	13.49	24.78- 4.60	0.94	1.75	-0.25	17.3	B
O b	20	16.00	23.18-11.65	0.93	1.10	0.07	19.1	B

a) N I R S 推定値と化学分析値との間の相関係数である。

b) 推定誤差の標準偏差 (standard deviation of prediction)

c) 推定精度の評価指数 (evaluation index : EI) = $\frac{2 \times \text{SDP}}{\text{range}} \times 100 (\%)$

d) 推定精度の評価指数による分類

A : EI = 12.4%以下 (very good) , B : EI = 12.5-24.9% (good)

C : EI = 25.0-37.4% (fair) , D : EI = 37.5-49.9% (poor)

E : EI = 50.0%以上 (poor)

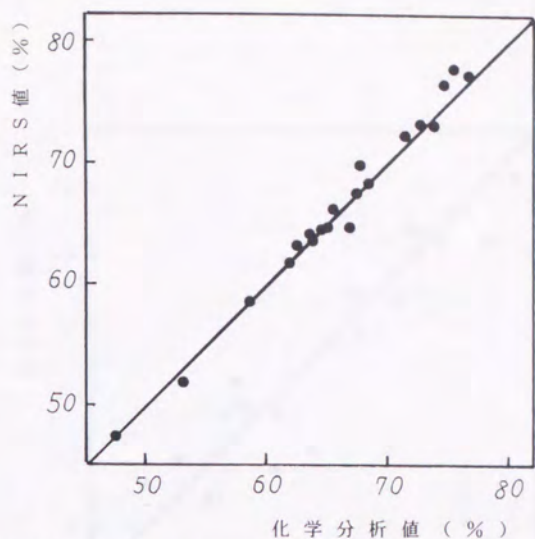


図15. 水分のNIRSによる推定値と化学分析値との相関図

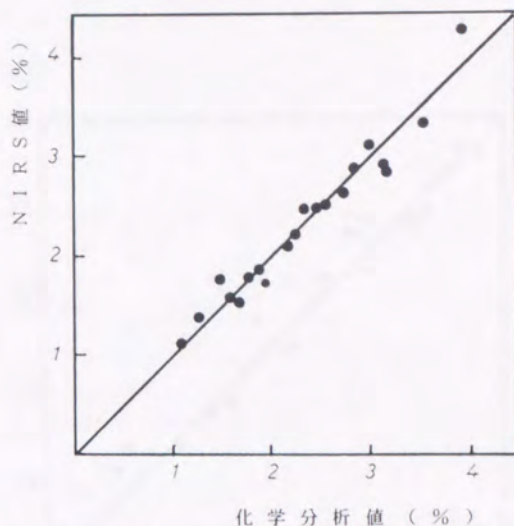


図16. CPのNIRSによる推定値と化学分析値との相関図

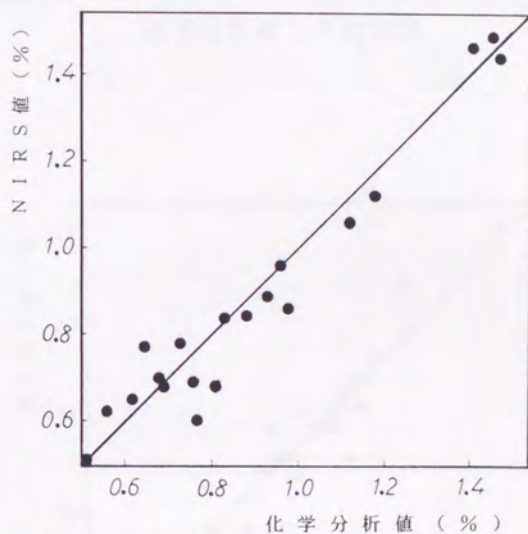


図17. EEのNIRSによる推定値と化学分析値との相関図

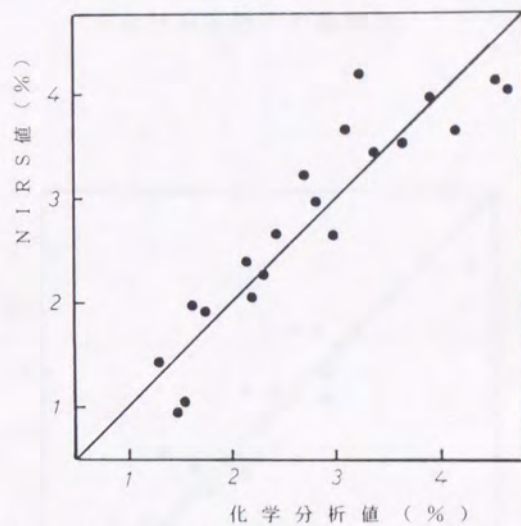


図18. AshのNIRSによる推定値と化学分析値との相関図

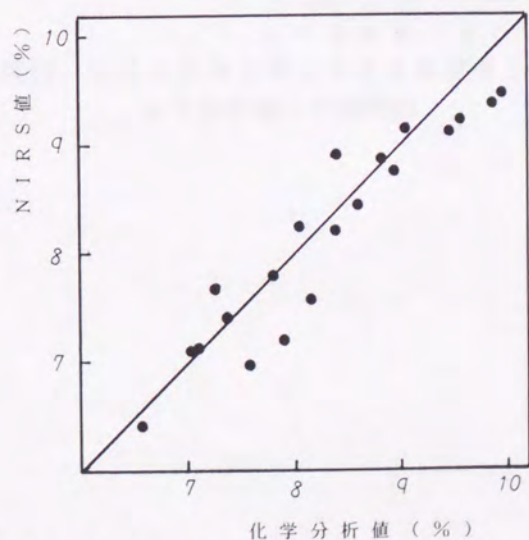


図19. CFiのNIRSによる推定値と化学分析値との相関図

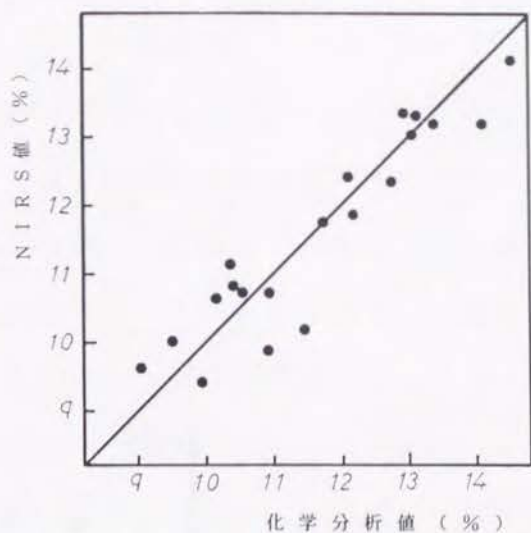


図20. ADFのNIRSによる推定値と化学分析値との相関図

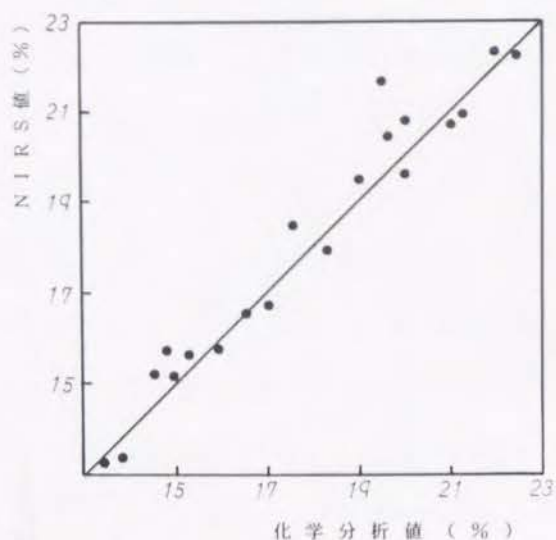


図21. OCWのNIRSによる推定値と化学分析値との相関図

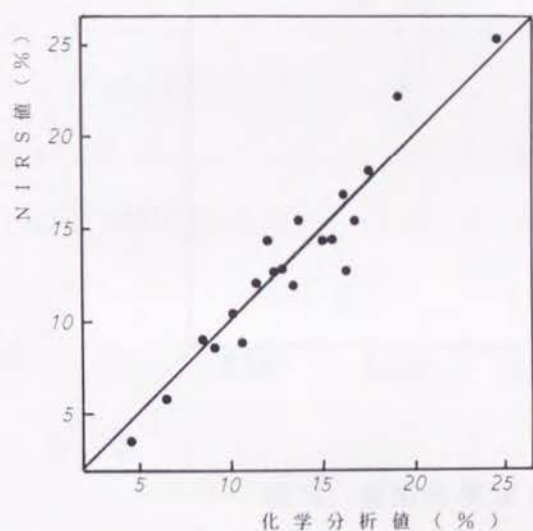


図22. OCCのNIRSによる推定値と化学分析値との相関図

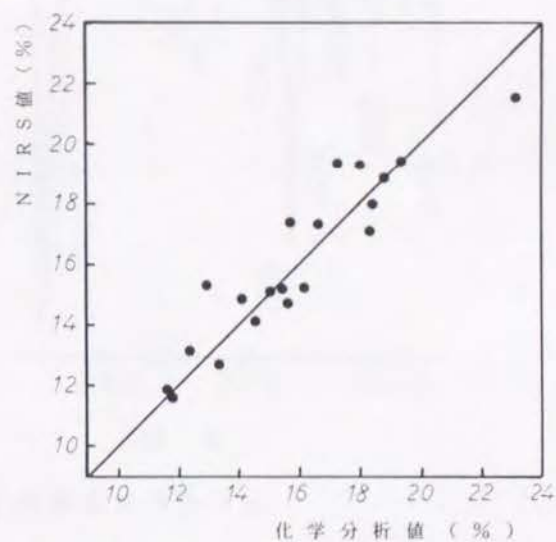


図23. ObのNIRSによる推定値と化学分析値との相関図

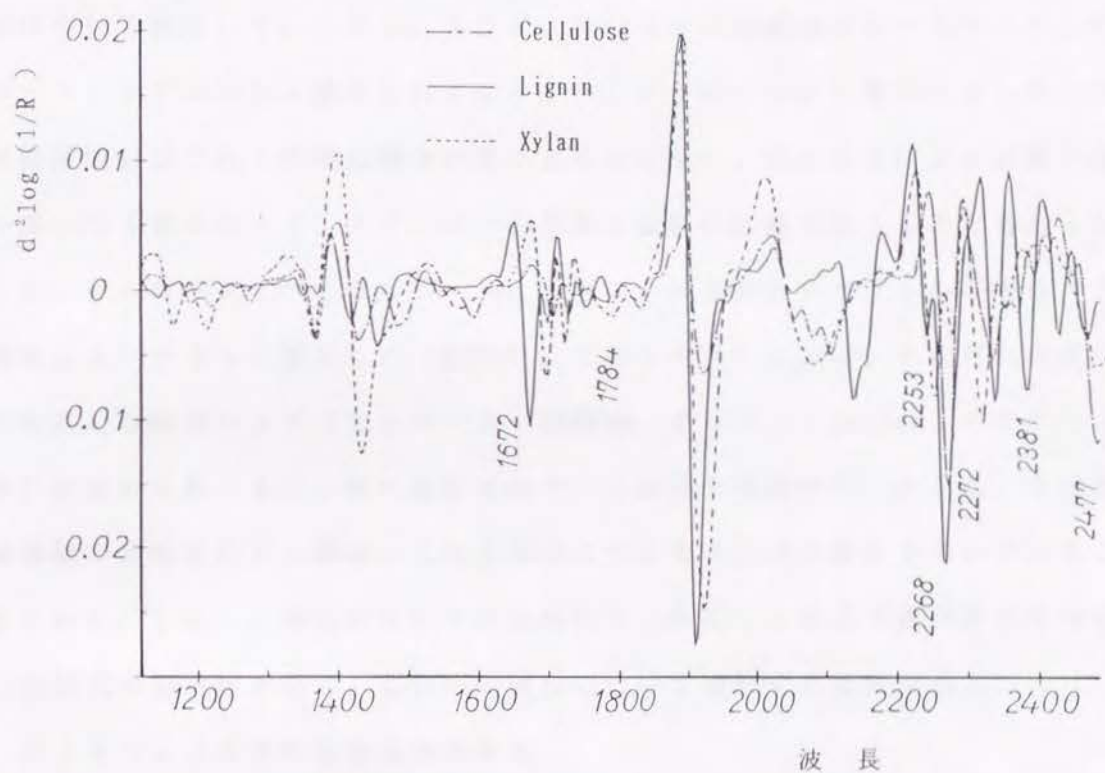


図24. 繊維を構成する物質の2次微分スペクトル

学分析値と大きくずれることはなかった。また水野ら⁸⁶⁾の提案するキャリブレーションの推定精度の評価指数(EI値)により分類すると、水分は極めて推定精度の高い実用的なAランクに分類され、Ashが比較的EI値が高いものの、全ての成分において推定精度の高い実用的なBランクに分類された。

粗飼料の品質を評価する場合、繊維成分は作物の生理機構と密接な関係があり、しかも家畜への給与において、栄養学的にも重要な意味を有するものである。そこで、繊維成分についてキャリブレーションで得られた回帰式の使用波長(説明変数)の帰属性について検討した。CFI、ADF、OCW等の繊維成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンから構成されており、ヘミセルロースの大部分はキシランである。各種繊維成分はこれらの構成割合が異なるものであり、NIRSによる定量ではセルロース、ヘミセルロース、リグニンに由来する吸収に影響されるものと考えられる。そこで、セルロース、ヘミセルロース、リグニンの近赤外スペクトルを取り、さらに2次微分スペクトルに加工した(図24)。このスペクトルから、それぞれの成分において特異的な吸収バンド(セルロース:2268nm、キシラン:2253nm、リグニン:2381nm等)が認められ、また一般に確認されている波長の帰属性³⁹⁾からも、今回作成した検量線の使用波長の一部は、これら成分に由来する近辺の波長を用いていることが認められた。しかし、使用波長の中には説明のつきにくい波長も選択されており、今後、回帰式の安定性からも、これらの波長について検討する必要がある。

2. NIRSによる発酵品質成分の推定

NIRSで推定する発酵品質に関わる成分を決定するために、稲ホールクロップサイレージの発酵品質に関する成分の基本統計量を表30に示した。これによると、ホールクロップ用稲を糊熟期～黄熟期に収穫し、ホールクロップサイレージに調製すると、水分は60%前後に分布し、pHは比較的高く、乳酸含量が低いわりに酢酸含量が高く、酪酸も認められる。従って、乳酸、酢酸、酪酸の重量の比率で評点を算出するフリーク評点では、平均点で25点と低い点数となった。しかし、VBN/TNは6%程度と低く、家畜に対する嗜好性も良好であるという他の報告^{47, 109)}からも、フリーク評点で表されるような劣質サイレージとは考えられにくい。またフリーク評価法は本来、高水分サイレージ用として提案されたものであり、乳酸発酵が促進されることを前提

表30. 発酵品質評価用試料の化学分析値に関する基本統計量

項 目	平均	標準偏差	変動係数
水 分	61.66	5.92	9.60
p H	4.87	0.48	9.86
乳 酸 ^{a)}	0.14	0.02	14.29
C2+C3 ^{b)}	0.33	0.04	12.12
C4+ ^{c)}	0.14	0.02	14.29
VBN/TN ^{d)}	6.01	3.40	56.57
フリ-ク評点	24.72		
V-SCORE	77.49		

a) 現物中の割合(%)である。

b) 酢酸+プロピオン酸含量で現物中の割合(%)である。

c) 酪酸以上のVFA含量で現物中の割合(%)である。

d) 全窒素に対する揮発性塩基態窒素の割合(%)である。

としている。このため、柗木⁵⁸⁾ は従来の予乾サイレージの水分（60～70%）の範囲よりもさらに水分を低下させたサイレージでは、すべての菌の増殖を抑えるものであり、このような発酵抑制型のサイレージでは、フリーク評点では過小評価されるとしている。そこで、1994年に柗木⁵⁸⁾ によるサイレージ発酵品質の新評価法として、VBN/TN、VFAを指標とする評価法（V-SCORE）が提案された。このV-SCOREはVBN/TNと酢酸+プロピオン酸含量、酪酸以上のVFA含量を定量し、点数配分を50：10：40に割り振って評価するものであり、この評価基準に準じて稲ホールクロップサイレージの発酵品質を評価すると平均点で77点と良質サイレージに分類された。このように稲ホールクロップサイレージの水分含量、発酵形態、嗜好性等から、また今後、サイレージの発酵品質の評価基準はフリーク評価法に替わり、V-SCORE法になるものと考えられるため、NIRSで推定する成分もこれらの成分についてキャリブレーションを行うこととした。ただし、VBN含量は極めて低く、NIRSで推定することは困難と考え、キャリブレーションから除外した。

各成分におけるキャリブレーションの成績は表31に示したように、酪酸を除いていずれも重相関係数は0.9以上となり、F値も100以上と比較的高い値となった。次にキャリブレーションで得られた回帰式を用いてプレディクションを行った結果を表32に示した。ここで、プレディクションに用いた試料のレンジを考慮したEI値でみると抽出液を用いた場合のVFAの推定では総VFAが最も精度が低く、酢酸+プロピオン酸含量が比較的推定精度が高かった。さらに、このEI値を基にキャリブレーションの実用化の程度を判定すると、未乾燥試料を用いた全窒素と酢酸+プロピオン酸が推定精度が高く、十分に実用化が可能なBランクとなり、他の成分については推定精度がやや高く、実用に耐えうるCランクに分類された。

3. AHPによる総合品質評価法

栄養価の基準はTDN、CP、CFiを用い、分析値の分布を考慮して表33に示したような評価基準を設定した。つまり、各成分の分析値を基に最高点を100点とし、また、成分が低くても家畜への給与上は問題がないと考え、最低点は50点とした。ホールクロップ用稲を一般的な刈取り適期とされる糊熟期～黄熟期に収穫し、サイレージ調製を行うと、各項目とも80点以上となり、特に刈取り適期が遅れたものが低

表31. 発酵品質に関する各成分のキャリブレーション結果

成 分	サンプル数	平均値 ^{a)}	重相関係数	S E C ^{b)}	F 値	使用波長数
酢 酸	40	0.117	0.947	0.026	107	6
酪 酸	40	0.059	0.868	0.029	45	5
酢酸+プロピオン酸	40	0.123	0.904	0.037	114	3
総 V F A	40	0.184	0.941	0.045	115	6
全 窒 素	40	0.388	0.978	0.028	319	5

注) 各 V F A (抽出液中%) はサイレージ抽出液によりキャリブレーションを行った。

全窒素 (現物中%) は未乾燥試料によりキャリブレーションを行った。

a) 化学分析値の平均値である。

b) 標準誤差 (standard error of calibration) である。

表32. 発酵品質に関する各成分のプレディクション結果

成 分	サンプル数	化学分析値		r ^{a)}	S D P ^{b)}	Bias	E I ^{c)}	ランク ^{d)}
		平均値	レンジ					
酢 酸	20	0.134	0.26-0.02	0.87	0.04	0.00	29.7	C
酪 酸	20	0.054	0.17-0.0	0.86	0.02	0.00	28.7	C
酢酸+プロピオン酸	20	0.140	0.31-0.02	0.93	0.03	-0.00	20.8	B
総 V F A	20	0.187	0.40-0.02	0.82	0.06	0.00	32.3	C
全 窒 素	20	0.353	0.51-0.17	0.92	0.03	-0.00	19.1	B

a) N I R S 推定値と化学分析値との間の相関係数である。

b) 推定誤差の標準偏差 (standard deviation of prediction)

c) 推定精度の評価指数 (evaluation index: E I) = $\frac{2 \times \text{SDP}}{\text{range}} \times 100 (\%)$

d) 推定精度の評価指数による分類

A : E I = 12.4% 以下 (very good) , B : E I = 12.5-24.9% (good)

C : E I = 25.0-37.4% (fair) , D : E I = 37.5-49.9% (poor)

E : E I = 50.0% 以上 (poor)

い点数となるものと予想される。次に発酵品質の基準はV-SCOREを参考に、VBN/TN、酢酸+プロピオン酸含量、酪酸含量について表34に示したような評価基準を設定した。栄養価と同様に最高点は100点とするが、発酵品質の場合は、劣質サイレージは家畜栄養上に問題があると考え、最低点は0点とした。

これらの栄養成分と発酵品質を基に図25に示したような階層図を作成した。次に図26のようなアンケート調査を実施し、それぞれのレベル(L2、L3)における重要度を算出した。ここで重要度が算出できるためには、図26のアンケート調査の一連の対比較が首尾一貫していることが必要であり、その指標として整合度(Consistency Index: CI)を示した。つまり、CI=0で完全に整合性があり、CI値が大きくなるほど整合性がなくなる。このCI値が0.1以下のときには問題がなく、これを越えた場合には一対比較の判断を見直す必要があるとされている⁹³⁾。本アンケート調査の場合、CI値は0.036と低い値であり問題はないものと考えられる。次に各項目の重要度について、まずL2においての栄養価と発酵品質の比較では、発酵品質が32%、栄養価が68%の重みがあり、栄養価の方の重要度が高かった。さらにL3においては、分析値の6項目の中では、TDNが44%と最も高く、逆に酢酸が2.7%と最も低いウェイトとなった。

次に、この各分析項目の重要度を基に表35に示したような総合評価基準を策定した。つまり、発酵品質関係、栄養価関係について分析値を基に表33、表34の基準により点数を付ける。さらにAHPによる重要度に基づき点数を割り振る。最後に、これら配分点の合計を総合評点として算出する。

考 察

耕種農家が生産した稲ホールクロップサイレージの品質をNIRSを利用して迅速に評価することは、流通価格に品質を反映させるだけでなく、家畜への給与上の指標としても利用でき、効果的な方法であると考えられる。まず栄養価については、サイレージのような水分の高い試料を分析する場合は、試料の均一化を目的として、乾燥させてからウイレー型ミルやサイクロン型ミルで微細な状態まで粉砕しNIRSで測定しているのが一般的である。これはNorrisら⁷⁷⁾が試料の成分よりも粉砕粒度がス

表33. 稲ホールクロップサイレージの栄養価の評価基準

乾物中 (%)			配 点
T D N	C P	C F i	
61以上	7.6以上	19以下	100
59~60	7.1~7.5	20~21	90
57~58	6.6~7.0	22~23	80
55~56	6.1~6.5	24~25	70
53~54	5.6~6.0	26~27	60
52以下	5.5以下	28以上	50

表34. 稲ホールクロップサイレージの発酵品質の評価基準

V B N / T N %	C 2 + C 3 現物中%	C 4 + 現物中%	配 点
5.0以下	0.2以下	0	100
5.1~10.0	0.21~0.40	0~0.10	80
10.1~15.0	0.41~0.60	0.11~0.20	60
15.1~18.0	0.61~1.00	0.21~0.30	40
18.1~20.0	1.11~1.50	0.31~0.40	20
20.1以上	1.51以上	0.41以上	0

注) C2+C3: 酢酸+プロピオン酸含量である。
C4+: 酪酸以上のVFA含量である。

レベル

L1

稲ホールクロップサイレージ
品質の総合評価

1.0

L2

発酵品質

0.319

栄養価

0.681

L3

V B N / T N

0.184

酢 酸

0.027

酪 酸

0.108

T D N

0.440

C P

0.121

C F i

0.120

図25. 稲ホールクロップサイレージ品質の総合評価における階層図と各項目の重要度

注) 図中の数字は評価基準の重要度であり、レベル3 (L3) における整合度 (consistency index : C I) は 0.036であった。

アンケート調査のお願い

稲ホールクロップサイレージの品質評価について、それぞれの項目を2つずつ組にして示してあります。各々の組のうち、より重要と思われる方について、その重要さの程度に応じて該当すると思われる番号に○をつけて下さい。

	絶対重要	かなり重要	重要	少し重要	同じ	少し重要	重要	かなり重要	絶対重要	
発酵品質	9	7	5	3	1	3	5	7	9	栄養価
VBN/TN	9	7	5	3	1	3	5	7	9	C2+C3
VBN/TN	9	7	5	3	1	3	5	7	9	C4+
C2+C3	9	7	5	3	1	3	5	7	9	C4+
TDN	9	7	5	3	1	3	5	7	9	CP
TDN	9	7	5	3	1	3	5	7	9	CFi
CP	9	7	5	3	1	3	5	7	9	CFi

ただし、

VBN/TNは全窒素に対する揮発性塩基態窒素の割合です。またC2+C3は酢酸+プロピオン酸含量、C4+は酪酸以上のVFA含量で、それぞれフリーク法で定量される酢酸含量、酪酸含量を表しています。

図26. 稲ホールクロップサイレージ品質の総合評価のためのAHPアンケート調査用紙

表35. 稲ホールクロップサイレージ品質の総合評価基準

評価基準						総合評価 ^{a)}					
① 分 析 項 目	② 満 点 (点)	③ ^{b)} 重 要 度 (%)	④ 分 析 値 の 配 点 (点)	⑤ 係 数 ④ ÷ ②		サイレージ No. 1		サイレージ No. 2		サイレージ No. 3	
						⑥ ^{c)} 持 ち 点	点 数 ⑥×⑤	⑥ ^{c)} 持 ち 点	点 数 ⑥×⑤	⑥ ^{c)} 持 ち 点	点 数 ⑥×⑤
発 酵 品 質	VBN/TN	100	18.4	18	0.18	100	18	60	11	80	14
	C 2 + C 3	100	2.7	3	0.03	100	3	40	1	40	1
	C 4 +	100	10.8	11	0.11	100	11	20	2	40	4
	小 計	300	31.9	32			32		14		19
栄 養 成 分 価	T D N	100	44.0	44	0.44	100	44	70	31	90	40
	C P	100	12.1	12	0.12	100	12	90	11	80	10
	C F i	100	12.0	12	0.12	100	12	70	8	90	11
	小 計	300	68.1	68			68		50		61
総合評点							100		64		80

a) 実際の稲ホールクロップサイレージ3点について評価例である。

b) AHP分析により得られた重要度である。

c) 分析値を表33、34の評価基準により採点した点数である。

ペクトルに影響するところが大きいと指摘しているためである。しかし Waldoら¹⁰⁵⁾は未乾燥サイレージのような高水分の物質に直接N I R Sを用いた場合の利点は、前処理時間の節約と同時にサイレージのような発酵した物質の正確さが高まることを指摘し、高水分試料をN I R Sで直接測定することが今後重要であるとしている。このため、高水分試料をN I R Sで測定した報告^{17, 35, 80)}もあり、古賀ら⁸¹⁾も豆腐粕を生の状態でN I R Sを利用して成分分析するために、本試験と同様にブレンダーミルによりドライアイスとともに凍結粉碎した試料を用いて水分、C P、A D F、O C W等の分析に良好な推定精度が得られたと報告している。またトウモロコシサイレージやアルファルファサイレージの未乾燥試料による分析も行われている⁸⁰⁾。このように未乾燥サイレージの直接N I R S利用が行われつつあるものの、問題点としては乾燥試料のように微細な状態まで試料を調製することの困難さがあり、本試験においても、同一試料を乾燥・粉碎した場合の試料より、測定カップの回転によるスペクトルの変動は大きな値となった。しかし、前述のような未乾燥試料の直接測定の利点を考慮し、しかもキャリブレーションの精度も良好であるという結果から、未乾燥サイレージの直接N I R S利用は十分に意義があるものと考ええる。

ここで、栄養価を表す成分として、一般成分の他に、A D Fおよび酵素分析により得られる成分についてキャリブレーションを行った。米国ではアルファルファを原料とした梱包乾草やヘイキューブについて、栄養価(C P、A D F等)に基づいた評価が行われている。また小林⁴⁰⁾は我国で流通乾草について共通した評価基準となり得るのは、現在最も定着しているT D Nであり、このT D Nにより乾草を5段階に等級化する基準を提案している。また、他の項目についても適用範囲に応じて設定することが望ましいとしており、本試験においては、T D Nの他にC P、C F iを評価の基準として設定した。この場合、T D Nを直接N I R Sで推定することが最も理想と考えられるが、そのためには多数の消化試験を行う等の多大な労力が必要となり、現状では必ずしも容易ではない。また近年、トウモロコシサイレージを中心に酵素法で得られた成分からT D Nを推定することが試みられているが¹⁷⁾、稲ホールクロップサイレージでは、これらを用いた回帰式は作成されていない。そのため、現段階では、一般成分を分析し飼料成分表の消化率からT D Nを推定するしかない。しかし、分析値

から飼料の性質をより詳しく知るためには、酵素分析法により分画された繊維成分をNIRSで推定することは、作物の生理機構や栄養学的にも重要な意味を有するものと考え、これら成分についてのキャリブレーションを行い、良好な結果が得られた。従って、今後TDNの推定等にこれらの成分の利用による回帰式の作成を行う必要がある。

稲ホールクロップサイレージの発酵品質について、従来のフリーク評点では良質サイレージと判定されにくいとの報告^{12-15, 18, 47, 52, 75, 97, 109)}が多く、本試験においても同様に平均点で25点程度しか得られなかった。しかし、サイレージは完全に材料を密封することにより雑菌の増殖を抑え、飼料としての有害な変質が起こらなければ乳酸発酵は必ずしも必要でなく、これらの観点からも今後V-SCOREが発酵品質評価の中心となるものとする。従ってNIRSで発酵品質を評価するための対象成分はV-SCOREに用いられているVBN/TN、酢酸+プロピオン酸含量、酪酸含量とした。これらの成分の中で有機酸含量のキャリブレーションの精度は栄養成分ほど良好な結果は得られなかった。これは対象とした成分含量が良質サイレージほど微量であり、NIRSで測定が困難なレベルであることが一因と考えられる。しかし、Abrams²³⁾が行った未乾燥サイレージを用いたNIRS分析による酢酸塩、酪酸塩、乳酸塩を推定した結果の化学分析値との相関(0.50程度)や、Reeves⁸⁰⁾らによるNIRSによる未乾燥サイレージの有機酸の分析精度よりも、本試験では良好な結果が得られている。これは、粉碎試料よりもサイレージ抽出液を用いたことにより、測定試料の均一性が高いためと考えられ、今回作成した検量線は各成分ともNIRSの推定値と化学分析値との相関で0.8以上であり、実用に耐えうるものと判断できる。これらのことから稲ホールクロップサイレージの栄養価と発酵品質をNIRSで評価する場合、まず前述の方法で未乾燥試料を調製し、NIRSで栄養価に関する各成分を推定する。同時に未乾燥試料により全窒素についても推定する。次に、この未乾燥試料に蒸留水を加えサイレージ抽出液を作成し、ワインセルを装着したNIRSにより酢酸+プロピオン酸含量、酪酸含量を推定する。ただし、VBNについては、従来の水蒸気蒸留法等により分析を行う必要がある。

栄養価と発酵品質を合わせた総合品質評価のために、本試験ではAHP手法を用い

た。このAHP手法は本来、複雑にからみあった要素（評価基準）の中から1つを取り出すことを目的とした分析手法^{34), 35)}であるが、本試験では各分析項目（評価基準）の重要度を数値的に表すことを最終目的とし、各分析項目のウエイト付けを行った。つまり6つの分析値（TDN, CP, CFi, VBN/TN, 酢酸、酪酸）から重要である項目は配分点が高く、逆にあまり重要でない項目については配分点が低い値となっている。実際に稲ホールクロップサイレージの品質を総合的に評価する場合、各分析値を評価基準にしたがって採点し、係数を掛けて合計することにより、稲ホールクロップサイレージの栄養価と発酵品質を合わせた総合評点を数値で表すことができる。

以上のように耕種農家が生産した稲ホールクロップサイレージを畜産農家に流通するための品質評価の手順としては、まずNIRSを利用して迅速にその成分を分析し、評価基準にしたがって採点する。ただし、TDNは分析値より推定し、VBNは従来の水蒸気蒸留法等により分析しておく。さらに各分析項目の重要度から算出した係数を掛けることにより各項目についての点数を付ける。このように各分析値にしたがい点数を付け、総合的に評価することは、栄養価と発酵品質を別々に評価し等級化する方法と比較して、サイレージのような発酵粗飼料を成分の重要性からの的確に判定することができ、栄養価、発酵品質を正しく評価し、流通サイレージを売買する場合の価格に反映させることができるとともに、品質の高いサイレージ生産を促進するためにも重要な意義があるものと考ええる。

要 約

耕種農家が生産した稲ホールクロップサイレージの品質評価を目的にNIRSの利用を検討した。栄養成分については、未乾燥試料を用いて一般成分の他に、ADF、OCW、OCC、Obの検量線を作成し、未知試料を用いたプレディクション結果より実用的な検量線であることが確認できた。また発酵品質に関する成分については、サイレージ抽出液を用いて、酢酸、酢酸+プロピオン酸、酪酸、総VFAを測定するための検量線を作成し、同様にプレディクション結果より、実用に耐えうる検量線であることが確認できた。

稲ホールクロップサイレージを畜産農家に流通するにあたり、その品質を流通価格に反映させることを目的に、栄養価と発酵品質を合わせた総合品質評価法について検討した。まず、栄養成分としてTDN、CP、CFi、発酵品質としてVBN/TN、酢酸含量、酪酸含量の6成分についての評価基準を設定した。次に、これら6成分を稲ホールクロップサイレージの総合品質評価のための評価基準とし、AHP手法により各成分の重要度を算出し、総合品質評価基準を策定した。

このことにより、各成分をNIRS等で分析し、総合評価基準に基づき採点することにより、栄養価と発酵品質を合わせた総合品質評価を行うことが可能となった。

総 括

畜産を中心とした水田地帯においては、水田利用再編対策の実施とともに転作田での飼料作物に関する研究が数多く行われてきた。しかし近年、畜産経営において国際化の進展、円高定着等の状況の中で、経営の安定化を多頭化に求め、その労働力不足からも自己完結型の粗飼料生産が困難となりつつある。また、耕種農家にとっては、高齢化、高地価化、さらに米の輸入自由化の問題から水田の遊休地、耕作放棄田が増加傾向にある。このような現状において、水田の総合生産力向上のために、転作田を有効に利用した粗飼料の流通化技術に関する研究も進められてきた。しかし、転作田、特に排水不良田における飼料作物生産の問題点は、栽培面では湿害による発芽不良や生育障害、収穫調製面では大型機械の走行性等の問題から安定した生産量が確保できないのが現状である。

そこで本研究は、畜産を中心とした水田地帯において、高度な生産能力を持つ水田を有効に利用した地域営農システムを確立することを目的とし、耕種農家を中心とした組織化されたオペレータ集団による稲ホールクロップサイレージの生産と流通技術について、栽培面と収穫調製面から検討し、さらに流通化のための品質評価法について検討したものである。

その結果の概要は次のとおりである。

1. 湛水土壤中散播栽培法によるホールクロップ用稲の栽培

ホールクロップ用稲の低コスト栽培技術として、湛水土壤中散播栽培法による省力栽培技術について検討した。この栽培法は種籾に過酸化石灰を粉衣し、代掻き後の湛水田に周囲の畦畔から背負式動力散粒機を用いて散播する方法である。この播種作業に要する時間は10a当たり約15分であり、育苗施設を必要とせず、育苗作業の省力が最も大きな利点である。また、本栽培法によるホールクロップ用稲の収量は生収量で約250kg/a、乾物収量で105kg/aとなり、従来の移植栽培と比較して若干の収量減はあるもののほぼ同程度の収量が得られた。

2. ホールクロップ用稲の収穫・調製機械の開発

(1) 収穫作業の安定化を目的に、自脱型コンバイン（4条刈り）の刈取部、搬送部、走行部、操作部をそのまま利用し、脱穀部の代わりにカッタ部と流通用コンテナサイロを取り付けた汎用型稲ホールクロップ用収穫機を開発し、自脱型コンバインとの両用機とすることにより機械費の軽減を図った。また、収穫されたホールクロップ用稲の流通は、本機と組み合わせる流通用コンテナサイロ（1.7 m³）により、収穫とサイレージ調製作業を同時に行い、コンテナサイロで行うことができるようになった。また、畜産農家が現有する固定サイロに収穫したホールクロップ用稲を詰め込む場合は、コンテナサイロ部をテッピングワゴン方式に取り替えることもできる。開発したコンテナサイロを利用した場合の本収穫機の圃場作業量は11.1 a / hとなった。

(2) サイレージの流通形態をロールベールサイレージとした場合の収穫機として、ダイレクトカット方式の稲ホールクロップ用カッティングロールベアラを開発した。本機も自脱型コンバインとの両用機であり、脱穀部とベールチャンバ部の相互積み替えが可能である。また、本機の特徴はベールチャンバ前部にディスク型カッタを取り付けたことにより、材料稲を細断（理論切断長7 cm）してからロール成形が可能であり、このことにより高密度梱包（113.6 kg・DM / m³）が可能となり、またトワインを切断することにより、人力でもロール解体作業が容易に行うことができた。本機で梱包したロールの形状は、自脱型コンバインの刈取部、搬送部をそのまま利用しているため、一方が穂部が多く、他方が株元部が多く含まれることになった。この対策として、ディスク型カッタの下部にビータを取り付け、材料稲の攪拌を試みたが、顕著な効果は認められなかった。しかし、ロール給与時は解体してから行うものであり、さらに今後のロールベールサイレージの利用形態もTMR調製技術と結びつくものと考えられ、本機の利用効果は大きいものと推察される。本機の作業能率は1ロールつづ圃場外に排出する作業行程で行った場合、9.9 a / hであり、圃場内移動時間が全作業時間の48%を占めた。

(3) 前述のカッティングロールベアラを効率的に利用し、さらに良質サイレージとし

て調製、流通するためにテーブルリフト付き自走式ベールラップを開発した。本機は走行装置にゴム履帯を利用し、車体フレーム上にテーブルリフトとターンテーブル式ベールラップのターンテーブル部およびフィルム繰り出し装置を搭載し、さらに車体側部にはロール積み込み用のバケット型リフトアームを取り付けたものである。これらの機構によりロールベールから排出されたロールは圃場に落とすことなく密封作業を行い、しかも密封後のロールについても、フィルムを破損させずに農道に駐車してある運搬車に直接ロールの積み替え作業を行うことができた。本機の作業能率は21.8個/hであり、前述のカッティングロールベールと組作業を行った場合、カッティングロールベールの圃場作業量は18.6 a/hに向上した。

次に、トラック等の運搬車で運ばれてきたフィルム被覆後のロールの荷降ろしと運搬作業を目的にティラ用ロールベールハンドリング機器を開発した。本機はグリップ型リフトアームによりロールを固定した状態で荷降ろし、運搬作業を行う。本機を用いてロールをトラックからの荷降ろしと20m移動する場合の作業能率は45.5個/hであった。この作業においてヒッチ部に60kg程度のウエイトを装着することにより、フィルムを破損させずに安全にロールの荷降ろし作業と運搬作業を行うことができた。

3. 稲ホールクロップサイレージの流通化のための総合品質評価法

耕種農家により生産された稲ホールクロップサイレージの品質評価を目的にNIRSの利用を検討した。まず、栄養成分については、前処理作業としての乾燥を行わず、未乾燥サイレージとして直接NIRSの測定を検討した。対象成分は水分、CP、EE、CFi、Ash、ADF、OCW、OCC、Obであり、キャリブレーション（40点を使用）を行い得られた最良回帰式を用いて、未知試料（20点を使用）を用いてプレディクションを行った。また、発酵品質に関する成分の測定には全窒素は未乾燥試料、その他の酢酸、酢酸+プロピオン酸、酪酸、総VFAはサイレージ抽出液を用いて同様にキャリブレーションおよびプレディクションを行った。この結果、プレディクション試料のレンジを考慮した評価指数であるEI値でみると、水分が最も推定精度が高く（EI=7.1%）、総VFAがEI=32.3%と最も低い値であった。しかし、いずれの成分とも実用化の分類では、全窒素を含めた栄養成分では推定精度が

高く、十分に実用化できる B ランク以上に分類され、発酵品質関係の成分については、栄養成分ほど推定精度は高くないものの実用化に耐えられる C ランク以上に分類された。

稲ホールクロップサイレージを流通するにあたり、その品質を流通価格に反映させることを目的に、発酵品質と栄養価を合わせた総合品質評価法について検討した。本研究では発酵品質に関する成分の中から、V-SCOREを参考に V B N / T N、酢酸含量、酪酸含量を用い、栄養成分は T D N, C P, C F i を評価基準の項目とした。これらの分析値を基に各成分ごとの評価基準を設定し、さらに A H P 手法により各成分の重要度を算出し、各成分の重要性から総合評点を算出するための総合評価基準を策定した。

以上、本研究では耕種農家によるホールクロップ用稲の栽培から収穫、さらにサイレージ調製までの一貫体系を確立した。さらに調製された稲ホールクロップサイレージを畜産農家に流通するために、N I R S を利用した迅速な評価法を確立するとともに、流通価格設定のための総合評価基準を策定した。

謝 辞

本研究を取りまとめるに当たり、京都大学教授佐々木義之博士、同教授並河清博士、同教授宮崎昭博士には懇切なる御指導と御校閲を賜った。

また、麻布大学元教授渋谷佑彦博士に懇切なる御指導と御助言を賜った。

本研究の当初から今日まで、三重県農業技術センター水野隆夫氏、坂本登氏には絶大なる御指導と御助言を賜った。

本研究の実施に当たり、三重県農業技術センター吉村雄志氏には試作機械の開発・改良に絶大なる御協力を賜った。また、株式会社タカキタ元技術部長山崎克己氏、技術部大倉明美氏、元関西営業所長福岡勝義氏にも、有益な御助言と御協力を賜った。試料の分析には三重大学助教授後藤正和博士に絶大な御指導と御協力を賜った。また多数の試料分析には三重県農業技術センター小出勇氏に多大の御協力を頂いた。

本研究の開始以来、三重県農業技術センター畜産部飼料作物担当の各位に多大なる御協力を頂いた。

ここに、以上の各位に謹んで感謝の意を表する次第である。

引用文献

- 1) 阿部亮, 1988. 畜試資料 No. 2 : 16-25
- 2) Abrams, S. M., J. S. Shenk, and M. O. Westerhaus, 1983. J. Dairy. Sci. 66(S. 1) : 183
- 3) 秋田勉・松田弘行・荒木静夫, 1980. 兵庫畜試研報 17 : 72-77
- 4) 秋田勉・松田弘行・森本善明・中井貞夫, 1983. 兵庫畜試研報 20 : 88-90
- 5) 秋田勉・松田弘行・中井貞夫, 1984. 兵庫畜試研報 21 : 174-177
- 6) 天野憲典, 1987. 畜産の研究 41(1) : 39-44
- 7) 青田精一・渡辺好昭・石田良作, 1985. 日草誌 31(1) : 52-58
- 8) 荒智・渡辺知宣・中川西弘之・瀬川敬・加茂幹男・高野信雄, 1988. 草地飼料成果最新情報 3
- 9) 藤本儀一, 1983. 畜産の研究 37(8) : 993-998
- 10) 藤岡澄行, 1986. 農業技術 40(11) : 1-7
- 11) 藤田浩三・河野幸雄・原田武典, 1990. 肉用牛研会報 50(3) : 37-38
- 12) 福見良平・熊井清雄・丹比邦保, 1979. 畜産の研究 33(8) : 997-999
- 13) 福見良平・熊井清雄・丹比邦保, 1982. 愛媛大農紀要 27(1) : 25-36
- 14) 福見良平・熊井清雄・丹比邦保, 1982. 畜産の研究 36(2) : 290-292
- 15) 福見良平・熊井清雄・丹比邦保, 1984. 日草誌 30(2) : 157-164
- 16) 福見良平・熊井清雄・平岡清・丹比邦保, 1986. 畜産の研究 40(7) : 835-838
- 17) Frank, J. F., Birth, GS, 1982. J. Dairy. Sci. 65 (7) : 1110-1116
- 18) Goto, M., O. Morita, K. Nisihwaki and A. Nakashima, 1991. 日畜学会報 62(1) : 54-57
- 19) 萩原素之・井村光夫・三石昭三, 1985. 日作紀 54(別2) : 30-31
- 20) 本田善文, 1992. 機械化農業 5月号 : 13-18
- 21) 堀金彰・荒木利幸・篠田浩・坂口雅昭, 1990. 第83回日畜大会 : 73
- 22) 北海道農試機械化1研, 1984. 北農試機1研 No7 : 128-234
- 23) 飯田克実, 1970. 農業及び園芸 45(5) : 780-786
- 24) 飯田克実・高橋保夫, 1976. 農事試研報 24 : 57-93
- 25) 飯田克美, 1982. 農業技術 37(6) : 251-257
- 26) 飯田克美, 1983. 転換畑研究成果情報 1
- 27) 飯田克美, 1985. 畜産の研究 39(7) : 897-903
- 28) 飯田克美, 1985. 中央畜産会 : 113-130
- 29) 井村光夫・三石昭三, 1983. 農業及び園芸 58(4) : 543-548
- 30) 井村光夫, 1985. 日作紀54 (別1) : 30-31
- 31) 井村光夫・萩原素之・三石昭三, 1985. 日作紀 54(別2) : 28-29
- 32) 井村光夫・三石昭三・萩原素之, 1985. 北陸作物学会報 20 : 29-31

- 33) 井上文夫, 1993. 日草近中支報 22 : 1-9
- 34) 井上直人・阿部亮・袖山栄次・西牧清・中村茂文・滝沢康孝, 1990. 日草誌 36 (1) : 20-29
- 35) 伊東正吾・太田堯道・松田忠志, 1985. 長野畜試研報 20 : 34-6
- 36) 糸川信弘・本田善文・加藤明治, 1992. 畜産の研究 46(2) : 263-270
- 37) 糸川信弘, 1994. 農業機械の技術解説書の作成に関する報告. 日本農業機械工業会 : 119-147
- 38) 岩本睦夫, 1983. 食品工業 26(20) : 1-3
- 39) 岩本睦夫・河野澄夫・魚住純, 1994. 近赤外分光法入門. 幸書房, 東京.
- 40) 自給飼料品質評価研究会編, 1994. 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地協会
- 41) 鎌田隆義, 1993. 日草近中支報 22 : 11-17
- 42) 亀岡暄一, 1981. 畜産の研究 35(4) : 548-550
- 43) 亀岡暄一, 1982. 研究ジャーナル 5(6) : 16-18
- 44) 亀岡暄一, 1980. ホールクロップサイレージの作り方と利用のしかた. 日本草地協会.
- 45) 川鍋祐夫, 1981. 畜試資料 56-14 : 28-38
- 46) 川崎健・大黒正道・宮崎昌宏, 1986. 畜産の研究 40(8) : 956-960
- 47) 北川重一, 1981. 畜試資料 56-14 : 1-38
- 48) Kennedy, S. J., 1989. BIG BALL SILAGE, Proceeding of a conference at the National Agricultural Center, Stoneleigh : 4. 1-4. 13
- 49) 小林亮英, 1987. 草地試資料 No. 62-6 : 62-64
- 50) 小島睦男, 1982. 研究ジャーナル 5(6) : 9-15
- 51) 古賀照章・井上直人・浅井貴之・清水伸也, 1992. 畜産の研究 46(7) : 773-778
- 52) 熊井清雄・福見良平・丹比邦保, 1979. 日畜関西支報 83 : pp. 24
- 53) 雲林徹, 1983. 畜産コンサルタント No233 : 54-58
- 54) 郷間和夫・小林英明, 1981. 総合助成成績書 : 139-148
- 55) 前之園孝光・瓦井哲夫・江藤哲夫, 1980. 畜産の研究 34(7) : 879-885
- 56) 真中多喜夫, 1983. 農業技術 38(6), 38(7) : 241-246
- 57) Marshall, I. G. and S. D. Howe, 1989. BIG BALL SILAGE, Proceeding of a conference at the National Agricultural Center, Stoneleigh : 3. 1-3. 16
- 58) 榎木茂彦, 1994. 関東草飼研誌 18(1) : 69-73
- 59) 増田庄司, 1984. 三重県畜産課資料 : 1-13
- 60) 松本博紀・伊藤成宏・唯野雅之, 1989. 畜産の研究 43(5) : 35-40
- 61) Melchinger, A. E., G. A. Schmidh and H. H. Geiger, 1986. Plant Breeding 97 : 20-29
- 62) Merry, C., 1989. BIG BALL SILAGE, Proceeding of a conference at the National Agricultural Center, Stoneleigh : 6. 1-6. 11
- 63) 三石昭三・井村光夫, 1984. 日作紀 53(別1) : 24-25
- 64) 宮崎昌宏, 1992. GRASS 3 : 25-26

- 65) 宮崎昌宏・岡崎紘一郎・長崎裕司, 1993. 農作業研究 28(2) : 109-114
- 66) 水野和彦・石栗敏機・近藤恒夫・加藤忠司, 1988. 草地試研報 38 : 35-47
- 67) 水野和彦, 1987. 草地試資料 No. 62-6 : 42-47
- 68) 森本宏, 1971. 動物栄養試験法. 養賢堂, 東京.
- 69) 中村喜彰, 1978. 石川農業短大特別研報 7
- 70) 名久井忠・岩崎薫・早川政市, 1981. 日草誌 26(4) : 412-417
- 71) 名久井忠・榎木茂彦・栗飯原友子, 1988. 東北農試研報 78 : 161-174
- 72) 南雲光治, 1992. G R A S S 3 : 15-18
- 73) 西田郁久・泉秀幸・堂岸宏・上野糧正, 1981. 石川畜試試験成績書 17 : 29-33
- 74) 西田正義・中野尚夫, 1982. 日草誌 28(2) : 195-202
- 75) 野田昌治, 1974. 農業及び園芸 49(6) : 758-762
- 76) 野田昌治・藤田米一・木村健治, 1975. 北陸農試報 17 : 111-118
- 77) Norris, K. H. et al., 1976. J. Anim. Sci. 43(4) : 889-97
- 78) 太田保夫・中山正義, 1970. 日作紀 39 : 535-536
- 79) 大山嘉信・白田尚, 1972. 日草誌 18 : 260-266
- 80) Reeves III, J. B., T. H. Blosser, 1989. J. Dairy Sci. 72 : 79-88
- 81) 佐々木泰弘・加藤明治, 1992. 畜産の研究 46(3) : 375-382
- 82) 箭原信男・高井慎二・沼川武雄, 1980. 日草誌 26(別号) : 275-276
- 83) 箭原信男・高井慎二・沼川武雄, 1981. 東北農試研報 63 : 151-159
- 84) 杉本亘・峰崎康裕・高橋圭二・坂本洋一, 1990. 畜産の研究 44(8) : 57-63
- 85) 諏沢健三, 1990. 機械化農業 5月号 : 10-19
- 86) 諏沢健三, 1991. 機械化農業 9月号 : 48-52
- 87) 丹比邦保・堀内悦夫・熊井清雄・福見良平, 1984. 日草誌 30(2) : 201-203
- 88) 丹比邦保・熊井清雄・福見良平, 1984. 畜産の研究 38(10) : 1235-1241
- 89) 高橋保夫・飯田克実, 1963. 日作紀 32 : 190-194
- 90) 高野信雄, 1984. 福井県中央会資料 29 : 1-15
- 91) 高野信雄・由川利美・渡辺清武・柿本裕, 1987. 畜産の研究 41(3) : 397-401
- 92) 高野信雄・由川利美・渡辺清武・柿本裕, 1987. 畜産の研究 41(4) : 518-522
- 93) 館野宏司・片岡政之, 1992. 日草誌 38(1) : 100-105
- 94) 刀根薫・眞鍋龍太郎, 1990. AHP事例集. 日科技連, 東京.
- 95) 刀根薫, 1990. ゲーム感覚意志決定法. 日科技連合, 東京.
- 96) 佃和民・星野正生, 1978. 日草誌 24(3) : 210-215
- 97) 内田仙二・須藤浩・今井真治, 1972. 岡大農学術報告 40 : 35-44
- 98) 浦川修司・坂本登, 1988. 三重農技セ研報 16 : 73-78

- 99) 浦川修司, 1991. 機械化農業 10月号 : 24-28
- 100) 浦川修司・水野隆夫・吉村雄志, 1992. 畜産の研究 46(10) : 1089-1094
- 101) 浦川修司・水野隆夫・吉村雄志, 1993. 畜産の研究 47(10) : 1085-1088
- 102) 浦川修司・水野隆夫, 1993. 三重農技セ研報 21 : 95-101
- 103) 浦川修司, 1994. 畜産の研究 48(12) : 1297-1308
- 104) 浦川修司, 1994. 関東草飼研誌 18(2) : 1-6
- 105) Waldo, D. R., and N. A. Jorgensen, 1981. J. Dairy. Sci. 64 : 1207-1229
- 106) 山田登, 1951. 日作紀 21 : 65-66
- 107) 山名伸樹, 1988. 機械化農業 9月号 : 20-23
- 108) 吉田宣夫・高橋哲二・富田道則・井出喜三, 1981. 埼玉畜試研資 56(1) : 54-57
- 109) 吉田宣夫・富田道則・武政安一・高橋哲二, 1987. 日草誌 33(2) : 109-115
- 110) 吉田宣夫, 1991. 畜産の研究 45(5) : 587-594
- 111) 吉田宣夫・武政安一・高橋哲二・増山忠良, 1993. 日草誌 39(3) : 359-363
- 112) 吉田幸正・古川陽一・岸川良吉・古市充利, 1984. 岡山酪試研報 21 : 50-56